



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TE 141599**

**KOORDINASI PROTEKSI AKIBAT PEMASANGAN  
GENERATOR TERDISTRIBUSI PADA SISTEM DISTRIBUSI  
RADIAL NUSA PENIDA BALI**

Rahmat Bagus Yusuf Bahtiar  
NRP 2213 106 037

Dosen Pembimbing  
Dr.Ir.Margo Pujiانتara.MT  
Ir. Sjamsjul Anam, M.T

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - TE141599**

***Protection Coordination due to distributed  
generators installation on the radial  
distribution system in Nusa Penida Bali***

Rahmat Bagus Yusuf Bahtiar.  
NRP 2213 106 037

Advisor  
Dr. Ir. Margo Pujiانتara, MT.  
Ir. Sjamsjul Anam.MT

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016

**KOORDINASI PROTEKSI AKIBAT PEMASANGAN  
GENERATOR TERDISTRIBUSI PADA SISTEM  
DISTRIBUSI RADIAL DI NUSA PENIDA BALI**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada**

**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing I,**

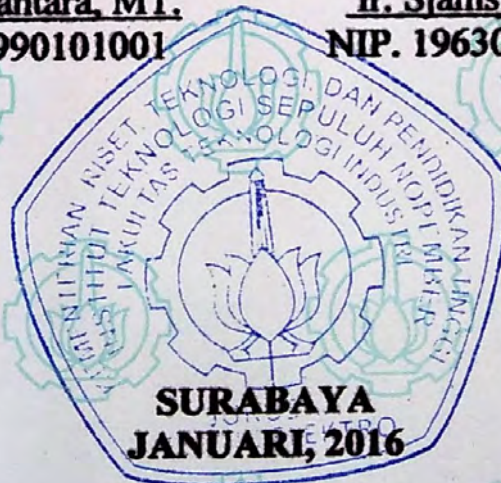
**Dosen Pembimbing II,**

**Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT,**

**NIP. 196603181990101001**

**Ir. Sjamsjul Anam.MT**

**NIP. 196307251990031002**



# **Koordinasi proteksi akibat pemasangan generator terdistribusi pada sistem distribusi radial di Nusa Penida Bali.**

**Nama Mahasiswa** : Rahmat Bagus Yusuf Bahtiar  
**Nrp** : 2213106037  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Ir. Margo Pujiانتara, MT.  
**NIP** : 196603181990101001  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Sjamsjul Anam, MT  
**NIP** : 196307251990031002

## **ABSTRAK**

Penambahan DG pada sebuah jaringan distribusi listrik PLN Nusa Penida dapat mempengaruhi setting relay yang ada. sehingga penelitian yang dilakukan Penulis menyebutkan bahwa Penambahan DG wind Turbine dapat berpengaruh terhadap sistem proteksi. maka perlu dilakukan reseting untuk koordinasi proteksi agar tetap aman apabila terdapat gangguan. terdapat beberapa cara untuk mengurangi pengaruh DG jika diintegrasikan dengan sistem distribusi tenaga listrik. didalam membatasi kapasitas DG yang diijinkan terdapat parameter yang harus diperhatikan. Parameter tersebut yaitu losses yang terjadi, kapasitas konduktor dan level arus hubung singkat. Semakin besar pengaruh penambahan DG pada sistem, maka semakin besar pula kemungkinan merubah setting koordinasi proteksi..

Untuk memastikan perangkat pengaman yang aman dan selektif koordinasi, dampak DG harus diperhitungkan ketika merencanakan DG interkoneksi. Tugas akhir ini berfokus pada menyelidiki dampak dari DG tentang sistem koordinasi pengaman dalam jaringan distribusi radial; juga pembatasan Kapasitas DG disajikan dalam Tugas akhir ini untuk menjaga Skema pengaman untuk jaringan distribusi tidak berubah. Dengan langkah langkah diatas kesimpulan yang dapat diharapkan pada penulisan pada tugas akhir ini adalah kestabilan sistem pengaman saat terjadi hubung singkat maupun beban lebih.

**Kata Kunci** : Koordinasi pengaman, Distributed generator ,gangguan beban lebih, distribusi radial

***Protection Coordination due to distributed  
generators installation on the radial distribution  
system in Nusa Penida. Bali***

<b>Nama Mahasiswa</b>	<b>: Rahmat Bagus Yusuf Bahtiar</b>
<b>Nrp</b>	<b>: 2213106037</b>
<b>Dosen Pembimbing</b>	<b>: Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.</b>
<b>NIP</b>	<b>: 196603181990101001</b>
<b>Dosen Pembimbing</b>	<b>: Ir. Sjamsjul Anam, MT</b>
<b>NIP</b>	<b>: 196307251990031002</b>

**ABSTRACT**

Addition on a distribution network of the electricity Nusa Penida can affect the relay settings .so research conducted author mentions that the addition DG Turbine wind can affect the system resetting proteksi.Then necessary for coordination of protection to stay safe if there are some Short circuit.many ways to reduce the influence of DG if integrated with the power distribution system .DG capacity allowable limit are the parameters that should diperhatikan.Parameter ie losses that occur, the capacity of the conductors and short circuit current level. The greater the effect of DG on the system, the greater the possibility to change the settings of coordination of protection ..

To ensure the safety and security devices that selective coordination, DG impact should be taken into account when planning the DG interconnection. This final project focuses on investigating the impact of DG on security coordination system in radial distribution networks; DG capacity restrictions also presented in this final task to maintain security scheme for the distribution network has not changed

With the steps above conclusions that can be expected in the writing of this thesis is the stability of the security system in the event of a short circuit or overload

**Keywords: Coordination Protection, short-circuit currents, Distributed Generator, radial distribution**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Alloh SWT atas segala Rahmat, Karunia, dan Petunjuk yang telah dilimpahkan-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

### **Koordinasi Proteksi Akibat Pemasangan Generator Terdistribusi Pada Sistem Distribusi Radial Di Nusa Penida Bali**

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan S1 pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Besar harapan penulis agar Tugas Akhir ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi pembaca pada umumnya serta mahasiswa Jurusan Teknik Elektro pada khususnya.

Dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT dan junjungan besar Nabi Muhammad SAW
2. Para Guru, Kyai dan Para Alim Ulama
3. Kedua orang tua saya, Bapak Ir.Boedi Santoso Jitno dan Ibu Dra.Nduk Qona'ah.M.sos yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, nasihat dan doanya selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Dr.Ir.Margo Pujiantara.MT selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir serta Ir. Sjamsjul Anam, M.T. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan arahan, saran dan bimbingan kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir dan selama perkuliahan di Teknik Elektro.
5. Bapak Dr. Ardyono Priyadi S.T. M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro – ITS.
6. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro ITS, yang telah memberi bimbingan, inspirasi dan membagi ilmu pengetahuan selama perkuliahan.
7. Pihak PLN NUSA PENIDA-BALI, Ibu Farah sofa Selaku pihak SDM,Bapak jimmy selaku Kepala PLN di NUSA PENIDA ,Bapak Danang,Bapak Agus,Bapak Sakti,Bapak Ngurah,Bapak Made selaku Manager APD PLN- Bali.yang

telah membantu saya dalam mengambil data untuk Tugas Akhir ini

8. Teman-teman seperjuangan TA yang turut membantu penulis dalam pengerjaan TA dan selalu memberikan motivasi dan semangat yang sangat besar bagi penulis.
9. Rekan-rekan di Laboratorium LIPIST yang telah membagi ilmu dan informasi selama proses pengerjaan TA.
10. Rekan-rekan *Sahabat* ,LJ Genap teknik sistem tenaga dan sahabat tigers gresik yang telah membagi ilmu dan pendapat dalam penyelesaian TA ini.
11. Sahabat Gebang : mas wandi,pak RT Alwin pak RW,rekan rekan GTMC,pak anton,pak haris,pa kismet,pak bahtiar,pak mabub,pak yayan dll yang telah mengisi sepenggal kisah selama di Surabaya.
12. Trimakasih kepada kamu dek yang membantu saya dalam membagi dan selalu mensupport saya.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan, yang juga memberikan banyak dukungan selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Dalam menyusun Tugas Akhir ini penulis telah berusaha untuk dapat menghasilkan karya terbaik, namun penulis merasa bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna dan banyak pengembangan yang mungkin masih bisa dilakukan, oleh karena itu penulis masih membuka diri untuk menertima kritik dan saran dari para pembaca sekalian guna pengembangan yang lebih baik.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b>	
<b>Lembar Pernyataan Keaslian</b>	
<b>Lembar Pengesahan</b>	
<b>Abstrak</b> .....	i
<b>Abstract</b> .....	iii
<b>Kata Pengantar</b> .....	v
<b>Daftar Isi</b> .....	vii
<b>Daftar Gambar</b> .....	ix
<b>Daftar Tabel</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Permasalahan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Metodologi Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Pembahasan.....	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2. Saluran Distribusi Radial .....	5
2.1 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik .....	6
2.2 Penyebab Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik .....	6
2.2.1 Gangguan Beban Lebih (OverLoad).....	7
2.2.2 Gangguan Hubung Singkat.....	7
2.3 Perhitungan Arus Hubung Singkat.....	7
2.3.1 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa ke Tanah.....	7
2.3.2 Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa .....	8
2.3.3 Gangguan Hubung Singkat Fasa Ke tanah.....	8
2.3.4 Rumus Perhitungan Arus Hubung Singkat.....	8
2.4 Rele Arus Lebih ( Over Current Relay ).....	9
2.4.1 Rele Arus Lebih Waktu Tertentu.....	9
2.4.2 Rele Arus Lebih Waktu Invers.....	10
2.4.3 Rele Arus Lebih Instan.....	11
2.5 Penyetelan Rele Arus Lebih.....	12
2.5.1 Setting Rele Arus Lebih Waktu Invers.....	12
2.5.2 Setting Rele Arus Lebih Instan .....	13
2.5.3 Koordinasi berdasarkan Arus dan Waktu.....	14
2.6 Rele Gangguan Tanah.....	15



2.7	Distributed Generation.....	15
2.6	Sitem Distribusi Radial Terhubung dengan DG.....	16

### **BAB III SISTEM KELISTRIKAN PT. PLN NUSA PENIDA BALI**

3.1	Seputar Kepulauan Nusa Penida.....	19
3.2	Sistem Kelistrikan PT.PLN Nusa Penida Bali.....	19
3.2.1	PLTD SEWATAMA unit.....	20
3.2.2	Distributed Generation.....	21
3.2.2	Data Transformator.....	22

### **BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISA**

4.1	Pemodelan Sistem Kelistrikan PT.PLN Nusa Penida – Bali.....	27
4.2	Pemilihan Tipikal Koordinasi pada PT.PLN Nusa Penida Bali	27
4.3	Analisa Gangguan Hubung Singkat .....	28
4.3.1	Hubung Singkat Minimum .....	28
4.3.2	Hubung Singkat Maksimum .....	30
4.4	Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa.....	31
4.4.1	Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal I .....	32
4.4.2	Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal II .....	60
4.4.3	Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal III.....	101

### **BAB VPENUTUP**

5.1	Kesimpulan.....	131
5.2	Saran.....	132

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	133
-----------------------------	-----

### **LAMPIRAN**

### **RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Konfigurasi Jaringan Radial .....	6
<b>Gambar 2.2</b> Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Tertentu .....	10
<b>Gambar 2.3</b> Karakteristik Standard Inverse, Very Inverse dan Extremely Inverse.....	11
<b>Gambar 2.4</b> Karakteristik Rele Arus Lebih Instant.....	11
<b>Gambar 2.5</b> Kombinasi IDMT dengan Rele Arus Lebih Waktu Instan .....	12
<b>Gambar 2.6</b> Rele Arus Lebih Pengamanan Trafo.....	14
<b>Gambar 3.1</b> PLT Bayu Indo Elektrik.....	23
<b>Gambar 3.2</b> PLT Surya.....	24
<b>Gambar 4.1</b> Koordinasi rele Tipikal Ia.....	32
<b>Gambar 4.2</b> Hasil Plot Eksisting Rele Gangguan Fasa Tipikal Ia...	33
<b>Gambar 4.3</b> Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal Ia...	38
<b>Gambar 4.4</b> Koordinasi rele Tipikal Ib.....	39
<b>Gambar 4.5</b> Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal Ib...	40
<b>Gambar 4.6</b> Koordinasi rele Tipikal Ia.....	47
<b>Gambar 4.7</b> Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal Ia dengan DG...	48
<b>Gambar 4.8</b> Koordinasi rele Tipikal Ib.....	53
<b>Gambar 4.9</b> Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal Ia dengan DG...	54
<b>Gambar 4.10</b> Koordinasi rele Tipikal Ila.....	61
<b>Gambar 4.11</b> Hasil Plot Eksisting Rele Gangguan Fasa Tipikal Ila	62
<b>Gambar 4.12</b> Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal Ila	68
<b>Gambar 4.13</b> Koordinasi rele Tipikal I Ib.....	69
<b>Gambar 4.14</b> Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal I Ib	70
<b>Gambar 4.15</b> Koordinasi rele Tipikal Ila.....	77
<b>Gambar 4.16</b> Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal Ila dengan DG...	78
<b>Gambar 4.17</b> Koordinasi rele Tipikal I Ib.....	84
<b>Gambar 4.18</b> Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal I Ib dengan DG...	85
<b>Gambar 4.19</b> Koordinasi rele Tipikal I Ib dengan DG.....	92
<b>Gambar 4.20</b> Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal I Ib dengan DG...	93

<b>Gambar 4.21</b>	Koordinasi rele Tipikal IIIa.....	101
<b>Gambar 4.22</b>	Hasil Plot Eksisting Rele Gangguan Fasa Tipikal IIIa	102
<b>Gambar 4.23</b>	Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal IIIa	103
<b>Gambar 4.24</b>	Koordinasi rele Tipikal IIIb.....	108
<b>Gambar 4.25</b>	Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal IIIb	109
<b>Gambar 4.26</b>	Koordinasi rele Tipikal IIIa.....	116
<b>Gambar 4.27</b>	Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal IIIa dengan DG	117
<b>Gambar 4.28</b>	Koordinasi rele Tipikal IIIb.....	122
<b>Gambar 4.29</b>	Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal IIIb dengan DG	123

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Konstansta Kurva IEEE.....	13
<b>Tabel 3.1</b> Data Rating Pembangkit PLN Nusa Penida Bali .....	27
<b>Tabel 3.2</b> Data Transformator 2 Belitan .....	24
<b>Tabel 3.3</b> Data Kabel Berdasarkan Jenis Kabel.....	26
<b>Tabel 4.1</b> Data Hubung Singkat Minimum 30 <i>Cycle</i> .....	28
<b>Tabel 4.2</b> Data Hubung Singkat Minimum 4 <i>Cycle</i> .....	30

*-Halaman ini sengaja dikosongkan-*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Meningkatnya penetrasi generator didistribusikan dalam sistem jaringan distribusi menciptakan teknis dan ekonomis yang baru. Pengaman ( proteksi ) adalah salah satu topik penting dari Tugas Akhir ini. Tingginya penetrasi DG akan memiliki dampak yang kurang baik pada koordinasi pengaman. Dampaknya tergantung pada jumlah, lokasi dan ukuran yang disuplai DG ( distributed generator ).

Penambahan DG pada sebuah jaringan distribusi listrik PLN Nusa Penida dapat mempengaruhi setting relay yang ada. Sehingga penelitian yang dilakukan Penulis menyebutkan bahwa Penambahan DG wind Turbine dapat berpengaruh terhadap sistem proteksi. Maka perlu dilakukan reseting untuk koordinasi proteksi agar tetap aman apabila terdapat gangguan. Terdapat beberapa cara untuk mengurangi pengaruh DG jika diintegrasikan dengan sistem distribusi tenaga listrik. Didalam membatasi kapasitas DG yang diijinkan terdapat parameter yang harus diperhatikan. Parameter tersebut yaitu losses yang terjadi, kapasitas konduktor dan level arus hubung singkat. Semakin besar pengaruh penambahan DG pada sistem, maka semakin besar pula kemungkinan merubah setting koordinasi proteksi.

Untuk memastikan perangkat pengaman yang aman dan selektif koordinasi, dampak DG harus diperhitungkan ketika merencanakan DG interkoneksi. Tugas Akhir ini berfokus pada menyelidiki dampak dari DG tentang sistem koordinasi pengaman dalam jaringan distribusi radial; juga pembatasan Kapasitas DG disajikan dalam Tugas akhir ini untuk menjaga Skema pengaman untuk jaringan distribusi tidak berubah

Dengan langkah langkah diatas kesimpulan yang dapat diharapkan pada penulisan pada tugas akhir ini adalah kestabilan sistem pengaman saat terjadi hubung singkat maupun beban lebih.

## 1.2 Permasalahan

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Setting relay over current, yang mempertimbangkan sesuai untuk menentukan koordinasi saat tidak terpasang DG maupun terpasang DG
2. Perbedaan koordinasi setting pengaman akibat pemasangan DG

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam pengambilan data arus gangguan dan arus nominal digunakan software ETAP 12.6
2. DG yang dipakai adalah jenis Induksi generator pada wind turbine dan PV.
3. Hanya memperhatikan setting koordinasi gangguan phasa pada over current relay,
4. Evaluasi dilakukan di PLN Nusa Penida-Bali

## 1.4 Tujuan dan Manfaat

1. Mengetahui pengaruh pemasangan DG terhadap koordinasi proteksi pada sistem distribusi radial di PLN Nusa Penida – Bali .
2. mengintegrasikan koordinasi proteksi pada pemasangan distribusi generator
3. Meminimalisir kegagalan sirkuit pada jaringan distribusi radial akibat gangguan beban lebih

## 1.5 Metodologi

Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data dan studi literatur  
Pengumpulan data dan studi literatur diperlukan untuk mendukung pengujian simulasi program. Adapun data-data yang diperlukan adalah data jaringan distribusi radial dengan pembangkit tersebar berupa *rating generator*, trafo, kabel, PV,

beban dan *single line diagram* PLN Nusa Penida - Bali. Literatur yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini berupa jurnal ilmiah, buku, dan *user manual dan data sheet relay*.

2. Pemodelan dan simulasi

Pemodelan digunakan dalam memodelkan *single line diagram* menggunakan software simulasi ETAP 12.6.0 Langkah selanjutnya dilakukan simulasi aliran daya dan hubung singkat yang bertujuan untuk mendapatkan data masukan arus full load untuk menentukan koordinasi proteksi yang aman ketika tidak terpasang DG maupun terpasang DG..Simulasi program koordinasi proteksi disusun dengan memanfaatkan software ETAP 12.6.0.

3. Analisis

Hasil simulasi terakhir berupa data koordinasi proteksi relay, dimasukkan pada pemodelan *single line diagram* dalam ETAP 12.6.0 untuk memastikan kebenaran koordinasi tersebut .Analisis yang dilakukan pada tugas akhir ini dengan menunjukan perhitungan high set dan low set,sehingga didapatkan nilai time dial,time delay,setting time over current pick-up, instantaneous pick-up dan plot time current curve.

4. Kesimpulan

Langkah akhir dari penyusunan tugas akhir ini adalah pembuatan kesimpulan dari hasil analisis dan simulasi yang telah dilakukan. Selain itu juga akan diberikan saran dan rekomendasi tentang kelangsungan penelitian yang telah dilakukan khususnya penelitian pada jaringan distribusi masa depan pada PLN.

## 1.6 Sistematika penulisan

Untuk memudahkan pembahasan yang akan dilakukan, tugas akhir ini terbagi menjadi lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

### BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, tujuan, metodologi pengerjaan tugas akhir, sistematika pembahasan dan relevansi dari penulis.



## BAB II : LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dijelaskan teori-teori penunjang yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

## BAB III : PERANCANGAN SISTEM SIMULASI KELISTRIKAN PLN NUSA PENIDA - BALI

Bab ini akan menjelaskan perancangan sistem sebelum dilakukan simulasi berupa *plant* dan *flowchart sistem*,

## BAB IV : HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

Dalam bab ini dibahas mengenai hasil simulasi yang telah dilakukan. Dalam bab ini akan disajikan analisis terhadap kinerja koordinasi rele arus lebih pada jaringan distribusi radial, pada koordinasi rele arus lebih, pada jaringan distribusi radial yang terdapat pembangkit tersebar atau DG ( distributed Generator )

## BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil simulasi, studi literatur dan analisis yang telah dilakukan.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

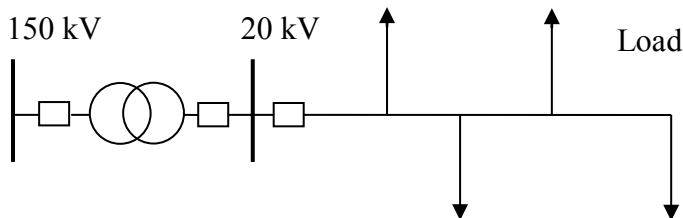
Sistem tenaga harus didesain agar rele proteksi dapat beroperasi untuk merasakan dan mengisolasi gangguan secepatnya. Rele proteksi penting dalam industri sistem tenaga karena dapat mencegah kerugian produksi yang besar akibat padamnya peralatan atau kerusakan peralatan yang tidak perlu yang disebabkan oleh adanya gangguan atau *overload*. Arus gangguan yang mengalir pada sistem tenaga listrik menyebabkan beroperasinya rele proteksi dan menggerakkan pemutus tenaga (*Circuit Breaker*) sehingga aliran daya yang mengalir terputus.

Pemilihan rele proteksi harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut [ 1 ] : Proteksi maksimum, biaya peralatan minimum, proteksi yang handal, operasi cepat, desain simpel, sensitivitas tinggi terhadap gangguan, dan tidak sensitif terhadap arus beban normal.

Zona proteksi diklasifikasikan sebagai primer atau *back up* . Rele proteksi primer adalah pemertahanan pertama terhadap gangguan sistem dan beroperasi pertama untuk mengisolasi gangguan. Umumnya, rele kecepatan-tinggi (misal, waktu operasi *breaker 1 cycle* hingga *3 cycle*). Jika gangguan tidak terisolasi setelah beberapa waktu *delay*, proteksi *backup* akan bekerja dengan melakukan *trip circuit breaker* utama atau dengan melakukan *trip circuit breaker* pada zona yang berdekatan.

#### **2. Saluran Distribusi Radial**

Saluran distribusi mempunyai jenis-jenis dalam hal bentuk dan struktur. Jenis tersebut diantaranya adalah radial, lingkaran, spindel dan *kluster*. Saluran distribusi dengan bentuk dasar yang sederhana dan paling banyak digunakan adalah saluran distribusi jaringan radial. Sistem ini disebut radial karena jaringan ini ditarik secara radial dari gardu induk ke pusat-pusat beban. Adapun konfigurasinya terlihat pada gambar 2.1:



Gambar 2.1 Konfigurasi Jaringan Radial

Sistem ini melayani suatu daerah beban tertentu dengan memasang transformator pada titik yang dekat dengan daerah beban yang dilayani. Transformator ini berguna untuk menurunkan tegangan sistem agar dapat dikonsumsi pada beban konsumen. Saluran dapat ditambah dengan cara dicabangkan untuk pelayanan beban yang menyimpang dari daerah radial. Sistem ini memiliki kelemahan yaitu adanya *voltage drop* yang cukup besar dan jika terjadi gangguan pada jaringan dapat mengakibatkan beban sebagian atau seluruhnya akan jatuh. Disisi lain sistem ini memiliki keuntungan yaitu pembangunan jaringan dengan jenis ini relatif murah, pemeliharaan sederhana dan mudah mengidentifikasi titik letak gangguan.

## 2.1 Gangguan Sistem Tenaga Listrik [3]

Saat terjadi gangguan pada suatu sistem akan mengalir arus yang besar menuju ke titik gangguan. Arus gangguan tersebut memiliki nilai yang lebih besar dari rating arus maksimum yang diijinkan, sehingga terjadi kenaikan temperatur pada peralatan yang dapat menyebabkan kerusakan peralatan. Gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan beban lebih (*overload*) dan gangguan hubung singkat (*short circuit*).

## 2.2 Penyebab Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Dalam sistem tenaga listrik tiga fasa, gangguan-gangguan yang dapat menyebabkan timbulnya arus lebih yang dapat terjadi diantaranya gangguan hubung singkat (*short circuit*), gangguan tegangan lebih (*overvoltage*), dan Gangguan beban lebih (*overload*) [4].

### 2.2.1 Gangguan Beban Lebih

Gangguan ini terjadi karena arus yang mengalir melebihi arus nominal yang diizinkan ( $I > I_n$ ). Pada saat gangguan ini terjadi arus yang mengalir melebihi dari kapasitas peralatan listrik. Bila gangguan ini dibiarkan terus menerus, maka dapat merusak peralatan listrik yang dialiri arus tersebut.

### 2.2.2 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu gangguan hubung singkat simetri dan gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Gangguan yang termasuk dalam hubung singkat simetri yaitu gangguan hubung singkat tiga fasa, sedangkan gangguan yang lainnya merupakan gangguan hubung singkat tak simetri. Sebagian besar gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan tidak simetri. Gangguan tak simetri ini terjadi sebagai akibat gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, gangguan hubung singkat dua fasa, atau gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah.

Adanya gangguan hubung singkat dapat mengakibatkan rusaknya peralatan listrik, berkurangnya stabilitas daya, dan terhentinya kontinuitas daya akibat membukanya circuit breaker.

## 2.3 Perhitungan Arus Hubung Singkat

Perhitungan arus hubung singkat yang terjadi bergantung pada jenis hubung singkat yang terjadi. Terdapat beberapa jenis hubung singkat yaitu hubung singkat 3 fasa ke tanah, hubung singkat antar fasa, hubung singkat fasa ke netral dan hubung singkat satu fasa ke tanah [5] :

### 2.3.1 Hubung singkat tiga fasa ke tanah

Hubung singkat ini melibatkan ketiga fasa. Arus hubung singkat tiga fasa ( $I_{sc3}$ ) diberikan oleh persamaan berikut :

$$I_{sc3} = \frac{V_{LN}}{X_1} \quad (2.1)$$

Di mana  $V_{LN}$  adalah tegangan nominal *line to neutral*, dan  $X_1$  adalah reaktansi urutan positif.

### 2.3.2 Hubung Singkat Antar Fasa

Hubung singkat ini terjadi antara dua fasa tanpa terhubung ke tanah. Arus hubung singkat antar fasa ( $I_{sc2}$ ) diberikan oleh persamaan berikut :

$$I_{sc2} = \frac{V_{LL}}{X_1 + X_2} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{sc3} \approx 0.866 I_{sc3} \quad (2.2)$$

Dimana  $V_{LL}$  adalah tegangan nominal line to line dan  $X_1$  adalah reaktansi urutan positif dan  $X_2$  adalah reaktansi urutan negatif

### 2.3.3 Hubung singkat fasa ke netral

Hubung singkat ini terjadi antara salah satu fasa dengan netral. Arus hubung singkat fasa ke netral ( $I_{sc1}$ ) diberikan oleh persamaan berikut :

$$I_{sc1} = \frac{V_{LL}/\sqrt{3}}{Z_{sc} + Z_{LN}} \quad (2.3)$$

Dengan  $Z_{LN}$  adalah impedansi netral.

### 2.3.4 Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Hubung singkat ini melibatkan impedansi urutan nol ( $Z_0$ ), dan besarnya arus hubung singkat ini tergantung sistem penanahan yang digunakan. Arus hubung singkat antar fasa ( $I_{sc0}$ ) diberikan oleh persamaan berikut :

$$I_{sc0} = \frac{3V_{LN}}{X_1 + X_2 + X_0} \quad (2.4)$$

Dimana  $V_{LN}$  adalah tegangan line to netral,  $X_1$  adalah reaktansi urutan positif dan  $X_2$  adalah reaktansi urutan negative dan  $X_0$  adalah reaktansi urutan zero.

### 2.3.5 Rumus Perhitungan Arus Hubung Singkat

Hubung singkat pada sistem distribusi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

- Hubung Singkat Tiga Fasa

$$I_{sc3\phi} = \frac{V_{ln}}{X_1} \quad (2.5)$$

Pada hubung singkat ini, ke tiga fasa saling bersentuhan.  $V_s$  merupakan tegangan nominal *line to neutral* dan  $X_1$  adalah reaktansi urutan positif.

- Hubung Singkat Antar Fasa

$$I_{sc2\phi} = \frac{V_{ln}}{X_1 + X_2} \quad (2.6)$$

$$I_{sc2\phi} = \frac{\sqrt{3} V_{ln}}{X_1 + X_2} \text{ dan jika } X_1 = X_2$$

Maka persamaan menjadi :

$$I_{sc2\phi} = \frac{1}{2} \sqrt{3} \frac{V_{ln}}{X_1} = 0,866 I_{sc3\phi} \quad (2.7)$$

Hubung singkat ini terjadi antara dua fasa tanpa terhubung ke tanah.

## 2.4 Rele Arus Lebih (*Over Current Relay*)

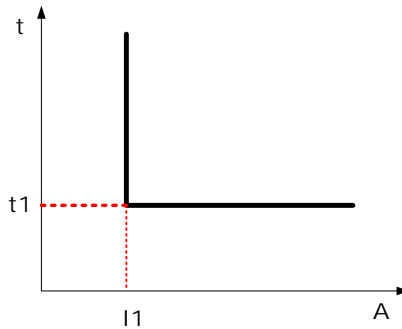
Rele arus lebih adalah rele yang beroperasi ketika arus yang mengalir melebihi batas yang diizinkan. Rele akan bekerja apabila memenuhi keadaan sebagai berikut [4]:

$$\begin{array}{ll} I_f > I_p & \text{rele bekerja} \quad (\text{trip}) \\ I_f < I_p & \text{tidak bekerja} \quad (\text{blok}) \end{array}$$

Dimana  $I_p$  merupakan arus kerja yang dinyatakan menurut gulungan sekunder dari trafo arus (CT). Dan  $I_f$  merupakan arus gangguan yang juga dinyatakan terhadap gulungan sekunder CT. Rele arus lebih ini hampir melindungi semua bagian pada sistem tenaga listrik misalnya jaringan transmisi, trafo, generator, dan motor. Rele arus lebih dapat berupa Rele arus lebih waktu tertentu, Rele arus lebih waktu *invers*, Rele arus lebih waktu instan.

### 2.4.1 Rele Arus Lebih Waktu Tertentu

Rele arus lebih ini dapat diatur waktu operasi yang bervariasi berdasarkan *level* arus yang berbeda. Sehingga dengan menggunakan rele arus lebih ini gangguan yang paling dekat dapat diputuskan dengan cepat sesuai dengan *time delay* yang *disetting*. Semua *level* arus yang melebihi *pickup setpoint*-nya akan diputuskan dalam waktu yang sama (*definite*) [5]. Gambar 2.1 menunjukkan karakteristik dari rele arus lebih waktu tertentu.

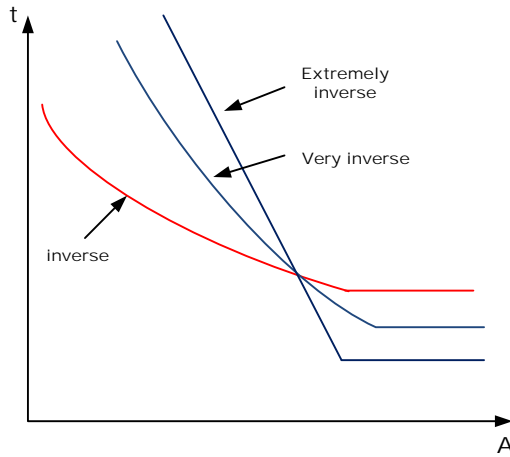


**Gambar 2.2** Karakteristik rele arus lebih waktu tertentu

#### 2.4.2 Rele Arus Lebih Waktu Invers

Rele arus lebih ini memiliki waktu operasi yang berbanding terbalik dengan besarnya arus gangguan [6]. Jadi, semakin besar arus gangguan maka rele akan beroperasi dalam waktu yang semakin cepat, dan juga sebaliknya jika arus gangguan kecil maka waktu operasi rele akan lebih lama. TCC (*time-current characteristic*) adalah kurva dengan skala dalam *time dial*. Semakin besar *time dial*, maka semakin lama waktu operasi dari rele tersebut.

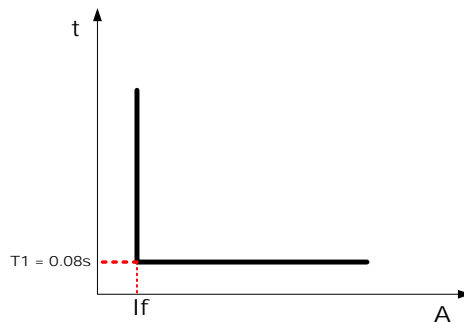
Karakteristik invers ini dijelaskan dalam standar IEC 60255-3 dan BS 142. Standar-standar ini mendefinisikan beberapa jenis perlindungan waktu invers yang dibedakan oleh gradien kurvanya, yaitu *standard inverse*, *very inverse* dan *extremely inverse* [7] seperti pada Gambar 2.3. Standar lain, misalnya standar IEEE juga memberikan karakteristik kurva yang lain, seperti *moderately inverse*, *long time inverse*, dan *short time inverse*. Kurva invers ini sering dijumpai dengan *inverse definite minimum time (IDMT)*. Karena seiring dengan arus yang bertambah besar, waktu operasi turun semakin cepat seolah mendekati waktu *definite minimumnya*.



**Gambar 2.3** Karakteristik *standard inverse*, *very inverse* dan *extremely inverse*

### 2.4.3 Rele Arus Lebih Waktu Instan

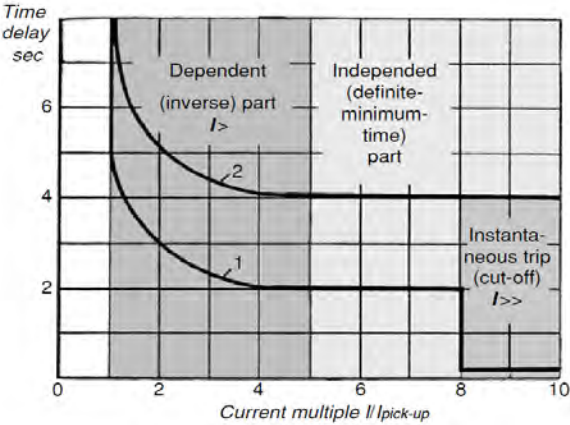
Prinsip kerja rele jenis ini adalah tanpa penundaan waktu, tapi masih bekerja dengan waktu cepat sebesar 0.1 detik, pada umumnya kurang dari 0.08 detik, seperti terlihat pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Karakteristik rele arus lebih *instant*



Bekerjanya rele ini didasarkan besarnya arus gangguan hubung singkat yang dipilih dan membukanya CB dalam waktu cepat sekali (80 ms). Gambar 2.5 menunjukkan penggunaan IDMT yang dikombinasikan dengan rele arus lebih waktu instan



**Gambar 2.5** Kombinasi IDMT dengan rele arus lebih waktu instan [8]

**2.5 Penyetelan Rele Arus Lebih**

**2.5.1 Setting Rele Arus Lebih Waktu Invers**

Batas penyetelan rele arus lebih adalah rele tidak bekerja pada saat beban maksimum. Oleh karena itu *setting* arusnya harus lebih besar dari arus beban maksimum. *Rele* arus lebih memiliki setelan *pickup* dan setelan *time dial*. Pada rele arus lebih, besarnya arus *pickup* ini ditentukan dengan pemilihan *tap*. Adapun untuk menentukan besarnya *tap* yang digunakan dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Tap = \frac{I_{set}}{CT_{primary}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Iset adalah arus *pickup* dalam Ampere. Menurut standart British BS 142 batas penyetelannya adalah 1.05-1.3 Iset.

Setelan *time dial* menentukan waktu operasi rele. Untuk menentukan *time dial* dari masing-masing kurva karakteristik invers rele arus lebih dapat digunakan persamaan sebagai berikut [9]:

$$td = \frac{k \times T}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right]} \dots\dots\dots (5)$$

Di mana :

- $td$  = waktu operasi (detik)
- $T$  = *time dial*
- $I$  = nilai arus (Ampere)
- $I_{set}$  = arus *pickup* (Ampere)
- $k$  = koefisien invers 1 (lihat Tabel 2.1)
- $\alpha$  = koefisien invers 2 (lihat Tabel 2.1)
- $\beta$  = koefisien invers 3 (lihat Tabel 2.1)

**Tabel 2.1** Koefisien invers *time dial*

Tipe Kurva	Koefisien		
	k	$\alpha$	$\beta$
<i>Standard Inverse</i>	0,14	0,02	2,970
<i>Very Inverse</i>	13,50	1,00	1,500
<i>Extremely Inverse</i>	80,00	2,00	0,808

## 2.5.2 Setting Rele Arus Lebih Instan

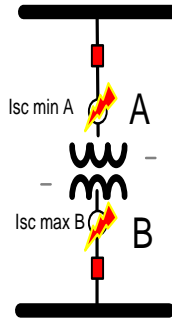
Rele arus lebih instan akan bekerja seketika jika ada arus lebih yang mengalir melebihi batas yang diijinkan. Dalam menentukan setelan *pickup* instan ini digunakan  $I_{sc \text{ min}}$  yaitu arus hubung singkat 2 fasa pada pembangkitan minimum. Sehingga *setting* ditetapkan:

$$I_{set} \leq 0.8 I_{sc \text{ min}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Untuk Pertimbangan khusus untuk penngaman *feeder* yang dipisahkan oleh trafo, koordinasi penngaman dibedakan menjadi dua daerah, yakni daerah *low voltage* (LV), dan daerah *high voltage* (HV)

seperti pada Gambar 2.6. Untuk menentukan *setting pickup* dengan syarat sebagai berikut:

$$I_{sc \max \text{ bus B}} \leq I_{set} \leq 0.8 I_{sc \min, A} \dots\dots\dots (2.9)$$



**Gambar 2.6** Rele arus lebih pengamanan trafo

Di mana  $I_{sc \max \text{ bus B}}$  merupakan arus hubung singkat terbesar maksimum pada titik B, sedangkan  $I_{sc \min, A}$  adalah arus hubung singkat minimum pada titik A.

### 2.5.3 Koordinasi Berdasarkan Arus dan Waktu

Antara relai pengamanan utama dan relai pengamanan backup tidak boleh bekerja secara bersamaan. Untuk itu diperlukan adanya *time delay* antara relai utama dan relai *backup*. *Time delay* ini sering dikenal sebagai setelan *setting* kelambatan waktu ( $\Delta t$ ) atau *grading time*. Perbedaan waktu kerja minimal antara relai utama dan relai *backup* adalah 0.2 – 0.35 detik [ 8]. Dengan spesifikasi sebagai berikut menurut standard IEEE 242 :

- Waktu buka CB : 0.04 – 0.1s (2-5 cycle)
- Overtravel* dari relai : 0.1s
- Faktor keamanan : 0.12-0.22s

Untuk relai berbasis *microprocessor* *Overtravel time* dari relai diabaikan. Sehingga total waktu yang diperlukan adalah 0.2-0.4s.

## 2.6 Rele Gangguan tanah

Gangguan satu fasa ke tanah dapat diamankan dengan rele gangguan tanah. Rele ini adalah pengaman arus lebih yang dilengkapi *zero sequence current filter*. Rele gangguan ke tanah dapat digunakan pada sistem yang diibatasi arus gangguan ke tanahnya menggunakan sistem pentanahan.

## 2.7 Distributed Generation

Pembangkit tersebar atau sering disebut *Distributed generation* (DG) dapat didefinisikan sebagai pembangkit tenaga listrik modular, kecil dan dapat sebagai perlengkapan penyimpanan (*storage devices*) yang mampu dihubungkan dengan jaringan maupun dioperasikan secara terpisah (*islanded*). Distributed generation merupakan pembangkit listrik dengan kapasitas kecil antara 1-10.000 kW [8]. Adapun aplikasi penggunaan distributed generation yaitu:

- *Peaking power (load shaving)*  
Pada aplikasi ini, DG beroperasi antara 200-300 jam setahun untuk mengurangi harga listrik yang harus dibayar oleh pelanggan (biasanya jenis pelanggan adalah industri) selama waktu beban puncak. Karakteristik DG yang penting pada aplikasi ini adalah biaya pemasangan yang rendah dan dapat *start* hanya dalam beberapa menit.
- *Continuous power*  
Pada aplikasi ini DG beroperasi paling sedikit 6000 jam dalam setahun untuk membangkitkan tenaga listrik bagi sebagian atau seluruh fasilitas secara terus menerus. Karakteristik DG pada aplikasi ini adalah efisiensi tinggi, biaya pemeliharaan rendah dan emisi rendah. DG pada aplikasi ini banyak digunakan oleh pelanggan jenis industri dan komersial.
- *Combined Heat and Power (CHP)*  
Aplikasi DG ini beroperasi paling sedikit 600 jam dalam setahun untuk membangkitkan tenaga listrik bagi sebagian atau seluruh fasilitas. Energi panas yang dibuang dapat digunakan untuk

memanaskan udara ruangan, air atau untuk keperluan lainnya. Dengan demikian, aplikasi ini mempunyai efisiensi sangat tinggi.

- *Emergency power*

Aplikasi DG ini bertindak sebagai *backup generator* yang dihubungkan ke beban jika terjadi gangguan pada jaringan. Aplikasi ini digunakan untuk pelanggan penting dimana saluran tenaga tidak boleh padam seperti fasilitas kesehatan.

## 2.8 Sistem Distribusi Radial Terhubung dengan DG

Pada sistem distribusi radial umumnya arus gangguan mengalir dari sumber menuju lokasi gangguan. Arah aliran arus searah. Ketika DG diinjeksikan pada jaringan radial, maka karakteristik jaringan radial bisa berubah. Ketika terjadi gangguan pada salah satu titik di antara dua DG, maka akan menyebabkan tiap DG memberikan kontribusi pada lokasi gangguan tersebut.

Sistem proteksi yang bekerja secara otomatis dirancang untuk melakukan hal itu, yaitu mematikan arus ketika gangguan terjadi dan kemudian mengalirkannya lagi setelah arc hilang sehingga respon yang terjadi diharapkan terjadi dalam waktu seminimal mungkin. Bila sebuah *distributed generator* mengirimkan data ke suatu sistem pada sebuah lokasi yang berada di antara alat proteksi dan gangguan, dan tidak ada komunikasi atau peralatan proteksi yang tepat, maka unit tersebut akan menghasilkan arus ke lokasi gangguan, sehingga gangguan akan terus terjadi. Gangguan yang terjadi secara terus menerus akan menyebabkan kerusakan baik di sistem distribusi maupun pada peralatan pada jalur tersebut [12].

Hubungan DG pada saluran grid memang bukan hal baru, namun perkembangan jumlah pengguna DG sudah meningkat pesat dan efek dari operasi saluran ini semakin terlihat. Kehawatiran ini muncul karena terdapat beberapa masalah proteksi pada jaringan saat terhubung DG. Adapun permasalahan yang terjadi berdasarkan referensi [11] adalah:

- Kesalahan pemutusan
- Kehilangan koordinasi
- Sistem proteksi tidak bekerja

Sambungan suatu DG tidak hanya merubah karakteristik aliran daya yang terjadi akan tetapi juga mempengaruhi besar arus gangguan. Karena DG dapat mengubah kontribusi arus hubung singkat pada jaringan, maka koordinasi proteksi pada sistem terpengaruh pula. Pengaruh tersebut dapat berupa penurunan keandalan, selektifitas atau mungkin dapat menyebabkan kehilangan koordinasi. Posisi dimana DG disambungkan dengan jaringan juga dapat berpengaruh pada kompleksitas koordinasi proteksi yang akan diterapkan. Hal ini terjadi akibat arah arus kontribusi dari DG mengalir menuju lokasi sumber gangguan.

**Halaman Ini sengaja di kosongkan**

## **BAB III**

### **SISTEM KELISTRIKAN PT PLN NUSA PENIDA - BALI**

PT PLN (persero) merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dalam bidang distribusi daya listrik. Dalam menjalankan bisnisnya PT PLN Nusa Penida mengoperasikan 3 unit Pembangkit Diesel dan Generator terdistribusi yang terletak di Bukit Nusa Penida- Bali.

#### **3.1 Seputar kepulauan Nusa Penida**

Kepulauan Nusa Penida termasuk kecamatan klungkung propinsi Bali, yang terletak dikepulauan tenggara bali yang terpisah oleh selat badung. Kepulauan Nusa Penida terdiri 3 kepulauan yaitu Nusa penida, nusa ceningan dan Lembongan. Secara umum kondisi topografi Nusa penida tergolong landau sampai berbukit. desa pesisir di bagian utara berupa lahan datar dengan kemiringan 0 – 3% dari ketinggian lahan 268 m dpl. mata pencaharian penduduk adalah pertanian dan sector perikanan merupakan mata pencaharian 6,68% tersebar oada daerah pesisir yaitu sauna, batumunggul, kutampi, keler, ped dan Desa Toyapakeh.

#### **3.2 Sistem Kelistrikan PT PLN Nusa Penida – Bali**

Sistem kelistrikan PT PLN Nusa Penida Bali mengoperasikan beberapa pembangkit *Diesel Sewatama unit* untuk melayani kebutuhan suplai daya menuju beban-bebannya. pada sistem kelistrikan pembangkitan utamanya, PT PLN Nusa Penida - Bali 3 unit pembangkit Utama yaitu Diesel sewatama Unit 1,2,3. pada kondisi *existing* di operasikan 3 unit pembangkit Diesel dan Unit-unit pembangkit ini dipusatkan pada 4 *Penyulang* yaitu Penyulang Karang Sari, Tanglad, Bunga mekar dan Ped sedangkan pada Penyulang Tanglad terdapat 9 unit pembangkit wind turbine dan PV generator yang bekerja selalu 9 unit baik itu dalam pembangkitan minimum maupun pembangkitan maksimum. Pada sistem kelistrikan PT PLN NUSA PENIDA BALI memiliki 2 *rating* tegangan dalam menyalurkan daya ke beban yaitu 20 KV dan 0,4 KV. Pada *rating* tegangan 0,4 kV digunakan



untuk mendistribusikan daya listrik ke beban dengan kapasitas yang kecil. Untuk *rating* tegangan 20 kV digunakan dalam distribusi dengan beban yang memiliki kapasitas besar. Sistem distribusi yang digunakan pada *rating* tegangan 0,38 kV dan 20 kV merupakan sistem distribusi radial. Sistem kelistrikan ada pada lampiran buku ini.

### 3.2.1 PLTD SEWATAMA UNIT:

- **PLTD GENERATOR UNIT 1:**

Merk Mesin : INDUSTIRA  
 Type : YAT00817  
 No.seri : COUNT XQ 3516 B  
 Tahun Operasi : 2011  
 Daya yang terpasang : 2000 KW  
 Daya Mampu : 1600 KW

- **PLTD GENERATOR UNIT 2:**

Merk Mesin : INDUSTIRA  
 Type : YAT00802  
 No.seri : COUNT XQ 3516 B  
 Tahun Operasi : 2011  
 Daya yang terpasang : 2000 KW  
 Daya Mampu : 1600 KW

- **PLTD GENERATOR UNIT 3:**

Merk Mesin : INDUSTIRA  
 Type : YAT00796  
 No.seri : COUNT XQ 3516 B  
 Tahun Operasi : 2011  
 Daya yang terpasang : 2000 KW  
 Daya Mampu : 1600 KW

**Tabel 3.1** Data Rating Pembangkit PLN Nusa Penida Bali

ID	Rating	Rated KV	MW	MVAR	AMP	%PF	%Generation
Sewatama unit 1	1,6 MW	0,4	0,365	0,517	912,7	57,69	22,8
Sewatama	1,6	0,4	0,365	0,517	912,7	57,69	22,8

unit 2	MW						
Sewatama	1,6	0,4	0,365	0,517	912,7	57,69	22,8
unit 3	MW						
WTG	0,755	3	0,755	-0,566	187,2	-80	100
	MW						

### 3.2.2 Distributed Generation :

Distributed Generation yang terdapat pada kepulauan Nusa Penida adalah PLT Bayu serta PLT Surya. Keduanya terletak di bukit mudi pulau nusa penida

#### **PLT Bayu :**

PLT Bayu 1 :

Merk Mesin : WES  
Tahun Operasi : 2007  
Daya yang terpasang : 100 KW  
Daya Mampu : 80 KW

#### **PLT Bayu 2 :**

Merk Mesin : WES  
Tahun Operasi : 2007  
Daya yang terpasang : 100 KW  
Daya Mampu : 80 KW

#### **PLT Bayu 3 :**

Merk Mesin : Indo Elektrik  
Tahun Operasi : 2007  
Daya yang terpasang : 100 KW  
Daya Mampu : 85 KW

#### **PLT Bayu 4 :**

Merk Mesin : Indo elektrik  
Tahun Operasi : 2007  
Daya yang terpasang : 100 KW  
Daya Mampu : 85 KW

#### **PLT Bayu 5 :**

Merk Mesin : Indo elektrik  
Tahun Operasi : 2007

Daya yang terpasang : 100 KW  
Daya Mampu : 85 KW

**PLT Bayu 6 :**

Merk Mesin : ALTO  
Tahun Operasi : 2008  
Daya yang terpasang : 100 KW  
Daya Mampu : 85 KW

**PLT Bayu 7 :**

Merk Mesin : WES  
Tahun Operasi : 2008  
Daya yang terpasang : 100 KW  
Daya Mampu : 85 KW

**PLT Bayu 8 :**

Merk Mesin : WES  
Tahun Operasi : 2008  
Daya yang terpasang : 100 KW  
Daya Mampu : 85 KW

**PLT Bayu 9 :**

Merk Mesin : WES  
Tahun Operasi : 2008  
Daya yang terpasang : 100 KW  
Daya Mampu : 85 KW



**Gambar 3.1** PLT Bayu Indo Elektrik

**PLT Surya:**

Terdapat 2 unit PLT surya tetapi hanya satu unit yang tersambung dengan sistem kelistrikan nusa penida bali.sesuai dengan data berikut :

- **PLT Surya 1:**

Merk Mesin	: BP Solar
Tahun Operasi	: 2007
Daya yang terpasang	: 32 KW
Daya Mampu	: 30 KW

- **PLT Surya 2:**

Merk Mesin	: BP Solar
Tahun Operasi	: 2007
Daya yang terpasang	: 35 KW

Daya Mampu

: 33 KW



**Gambar 3.2** PLT Surya

### 3.3 Data Transformator

Trafo distribusi yang terpasang berjumlah 88 unit, dimana 48 unit terhubung pada penyulang PED atau lembongan, 19 unit terhubung pada Penyulang Karang Sari . 21 terhubung ke pada penyulang Tanglad. Kapasitas Trafo berkisar 25 sampai 250 KVA, dengan perbandingan CT primer dan sekundernya 20/0,38 KV dengan data seperti di bawah ini.

**Tabel 3.2** Data Trafomator 2 Belitan

No.	ID Unit	MVA	Tegangan (kV)		%Z	X/R
			Primer	Sekunder		
1.	STEP UP 1	2	0.4	20	6	7,09
2.	STEP UP 2	2	0.4	20	6	7,09

3.	STEP UP 3	2	0,4	20	6	7,09
4.	NP 0101	0,1	20	0,4	4	3,9
5.	NP 0047	0,1	20	0,4	4	3,9
6.	NP 0046	0,1	20	0,4	4	3,9
7.	NP 0042	0,1	20	0,4	4	3,9
8.	NP 0036	0,1	20	0,4	4	3,9
9.	NP 0073	0,05	20	0,4	4	3,9
10.	NP 0048	0,1	20	0,4	4	3,9
11.	NP 0014	0,1	20	0,4	4	3,9
12.	NP 0013	0,1	20	0,4	4	3,9
13.	NP 0048	0,05	20	0,4	4	3,9
14.	NP 0058	0,1	20	0,4	4	3,9
15.	NP 0012	0,1	20	0,4	4	3,9
16.	NP 0063	0,05	20	0,4	4	3,9
17.	NP 0019	0,05	20	0,4	4	3,9
18.	NP 0057	0,05	20	0,4	4	3,9
19.	NP 0072	0,1	20	0,4	4	3,9
20.	NP 0004	0,05	20	0,4	4	3,9
21.	NP 0064	0,1	20	0,4	4	3,9
22.	NP 0003	0,16	20	0,4	4	3,9
23.	NP 0062	0,16	20	0,4	4	7,1
24.	NP 0007	0,16	20	0,4	4	3,9
25.	NP 0043	0,16	20	0,4	4	3,9
26.	NP 0033	0,16	20	0,4	4	3,9
27.	NP 0034	0,16	20	0,4	4	3,9
30.	NP 0035	0,16	20	0,4	4	3,9
31.	NP 0077	0,16	20	0,4	4	3,9

No.	ID Unit	MVA	Tegangan (kV)		% Z	X/R
			Primer	Sekunder		
1.	NP 0024	0,16	20	0,4	4	3,9
2.	T24	2	20	0,4	4	1,5
3.	T22	0,1	20	0,4	4	3,9
4.	NP 0078	0,05	20	0,4	4	3,9
5.	NP 0028	0,16	20	0,4	4	3,9
6.	NP 0055	0,16	20	0,4	4	3,9
7.	NP 0023	0,16	20	0,4	4	3,9

8.	NP 0098	0,16	20	0,4	4	3,9
9.	NP 0026	0,16	20	0,4	4	3,9
10.	NP 0027	0,16	20	0,4	4	3,9
11.	NP 0029	0,16	20	0,4	4	3,9
12.	NP 0088	0,16	20	0,4	4	3,9
13.	NP 0089	0,16	20	0,4	4	3,9
14.	NP 0002	0,16	20	0,4	4	3,9
15.	NP 0075	0,16	20	0,4	4	3,9
16.	NP 0069	0,16	20	0,4	4	3,9
17.	NP 0059	0,05	20	0,4	4	3,9
18.	NP 0008	0,16	20	0,4	4	3,9
19.	NP 0092	0,05	20	0,4	4	3,9
20.	NP 0071	0,16	20	0,4	4	3,9
21.	NP 0006	0,16	20	0,4	4	3,9
22.	NP 0074	0,16	20	0,4	4	3,9
23.	NP 0031	0,16	20	0,4	4	3,9
24.	NP 0009	0,16	20	0,4	4	3,9
25.	NP 0056	0,16	20	0,4	4	3,9
26.	NP 0011	0,16	20	0,4	4	3,9
27.	NP 0001	0,16	20	0,4	4	3,9
30.	NP 0068	0,16	20	0,4	4	3,9
31.	NP 0099	0,16	20	0,4	4	3,9

**Tabel 3.3** Data Kabel berdasarkan jenis dalam meter :

	SKTM	AAAC				ACSR	AAAC/S	
	3 x 140 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>	70 mm <sup>2</sup>	95 mm <sup>2</sup>	150 mm <sup>2</sup>	150 mm <sup>2</sup>	150 mm <sup>2</sup>	
Penyulang								
FED	35	565		22466	5764	40		28870
Karang Sari	2		315	43629	12118	45	2265	58375
Tanglad	30	1458		8378			350	10216

## **BAB IV**

### **HASIL SIMULASI DAN ANALISA**

#### **4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan PT. PLN Nusa Penida – Bali**

Pemodelan sistem kelistrikan pada PT. PLN Nusa Penida - Bali dilakukan dengan cara membuat *single line diagram* pada *software* simulasi ETAP 12.6. Langkah awal pembuatan *single line diagram* tersebut adalah pengumpulan data yang meliputi data kabel, transformator, generator, motor, *bus*, rele *eksisting* dan sistem pentanahan.

Dari pembuatan *single line diagram* tersebut dapat diketahui sistem kelistrikan *eksisting* dan sistem kelistrikan akibat penambahan Distributed Generator. Setelah pemodelan selesai langkah selanjutnya adalah melakukan analisis aliran daya (*load flow*) untuk mengetahui kondisi sistem pada saat *steady state*. Dari analisis ini dapat diketahui tegangan *bus*, pembebanan transformator, pembebanan *bus*, rugi-rugi daya listrik, Hubung singkat pada tiap bus, faktor daya tiap *feeder* dan aliran daya *eksisting* pada *single line diagram* yang dibuat.

#### **4.2 Pemilihan Tipikal Koordinasi pada PT. PLN Nusa Penida – Bali**

Untuk mempermudah dalam *setting* koordinasi rele, maka dipilih tipikal yang mewakili koordinasi pada setiap penyulang, akibat pengembangan sistem dengan menggunakan Distributed Generator, dan koordinasi pada sistem *eksisting* yang ada. Berikut adalah tipikal yang saya ambil sebagai contoh:

- 1 Tipikal 1 adalah tipikal pada *power plant* penyulang feeder karangsari dengan saluran terpanjang dan beban terbesar pada penyulang Karangsari untuk sistem koordinasi rele pengaman arus lebih gangguan fasa pada PT PLN Nusa Penida - Bali. Tipikal ini terdiri dari dua level tegangan, yaitu 20 kV dan 0,4 kV. Pada tipikal ini terdapat beberapa rele pengaman yang dikoordinasikan, yaitu rele R-CB Karang , rele R-CB Karangsari, rele R-CB Batumulapan dan rele R- Cb Feeder karangsari. Pemilihan tipikal ini berdasarkan belum pernah dilakukan *resetting* koordinasi rele.
- 2 Tipikal 2 adalah tipikal pada *power plant* penyulang feeder Tanglad dengan saluran terpanjang dan beban terbesar pada penyulang Tangladi untuk sistem koordinasi rele pengaman arus lebih gangguan



fasa pada PT PLN Nusa Penida - Bali. Tipikal ini terdiri dari dua level tegangan, yaitu 20 kV dan 0,4 kV. Pada tipikal ini terdapat beberapa rele pengaman yang dikoordinasikan, yaitu rele R-CB Skr Taji , rele R-CB Caruban, rele R-CB Batumegong, rele R- CB DG, rele R- CB wind turbine, rele R-CB PV dan rele R- Cb Feeder Tanglad. Pemilihan tipikal ini berdasarkan belum pernah dilakukan *resetting* koordinasi rele dan terdapat penempatan DG yaitu wind turbine dan photovoltaic

- 3 Tipikal 3 adalah tipikal pada *power plant* penyulang feeder Ped dengan saluran terpanjang dan beban terbesar pada penyulang Ped untuk sistem koordinasi rele pengaman arus lebih gangguan fasa pada PT PLN Nusa Penida - Bali. Tipikal ini terdiri dari dua level tegangan, yaitu 20 kV dan 0,4 kV. Pada tipikal ini terdapat beberapa rele pengaman yang dikoordinasikan, yaitu rele R-CB Mvitec , rele R-CB Sebungus, rele R-CB Bodong dan rele R- Cb Feeder Ped. Pemilihan tipikal ini berdasarkan belum pernah dilakukan *resetting* koordinasi rele

#### **4.3 Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat**

Analisa gangguan hubung singkat diperlukan sebelum melakukan *setting* rele arus lebih. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui besarnya level arus hubung singkat yang terjadi sesuai dengan konfigurasi yang diuraikan pada tipikal. Terdapat 2 parameter dalam perhitungan arus hubung singkat yaitu hubung singkat minimum dan hubung singkat maksimum. Arus hubung singkat minimum yaitu gangguan hubung singkat *line to line* pada saat 30 *cycle*. Gangguan hubung singkat *line to line* dipilih dikarenakan pada gangguan ini memiliki level hubung singkat yang paling kecil. Sedangkan hubung singkat maksimum yaitu gangguan hubung singkat 3 fasa ke tanah 4 *cycle*. Analisa hubung singkat maksimum cukup dilakukan pada 4 *cycle* dikarenakan waktu kerja minimal dari OCR yaitu sebesar 0,1 s.

##### **4.3.1 Hubung Singkat Minimum**

Hubung singkat minimum terjadi pada saat enam generator di PT PLN Nusa Penida- Bali bekerja secara normal. Hubung singkat ini dianalisa pada saat 30 *cycle* gangguan *line to line* untuk menentukan *setting* rele arus lebih instan. Ketika terjadi gangguan hubung singkat minimum pada salah satu bus, rele dapat bekerja secara instan atau sesuai dengan *setting time delay* yang telah ditentukan. Pada simulasi gangguan hubung singkat minimum dilakukan pada bus-bus dalam

tipikal yang telah dipilih. Hasil simulasi hubung singkat minimum dipresentasikan pada tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4.1** Data Hubung Singkat Minimum 30 *Cycle*

Feeder Karangsari

No.	Bus	Tegangan (kV)	Isc. Minimum 30 Cycle (kA)
1.	bus 70 – Karang	20 KV	0.39 KA
2.	bus 51 -Batumulapan	20 KV	0.442 KA
3.	bus 36 – Karangsari	20 KV	0.455 KA
4.	bus 14 –F. Karangsari	20 KV	0.487 KA

Feeder Tanglad

No.	Bus	Tegangan (kV)	Isc. Minimum 30 Cycle (kA)
1.	Bus 14 – Tanglad	20 KV	0.487 KA
2.	Bus 118 Batumegong	20 KV	0.406 KA
3.	Bus 140 – Caruban	20 KV	0.374 KA
4.	Bus 278 – Skr Taji	20 KV	0.332 KA

Feeder Ped

No.	Bus	Tegangan (kV)	Isc. Minimum 30 Cycle (kA)
1.	Bus 14 – Ped	20 KV	0.487 KA
2.	Bus 314 – Bodong	20 KV	0.457 KA
3.	Bus 344 – Sebunibus	20 KV	0.412 KA
4.	Bus 353 – Mvitc	20 KV	0.397 KA

Incoming 20 KV sewatama unit

No.	Bus	Tegangan (kV)	Isc. Minimum 30 Cycle (kA)
1.	Bus 13	20 KV	0.488 KA
2.	Bus 3.9.12	20 KV	0.488 KA

#### 4.3.2 Hubung Singkat Maksimum

Hubung singkat maksimum terjadi pada saat generator terdistribusi beroperasi secara normal. Hubung singkat ini digunakan sebagai batasan arus hubung singkat terbesar yang mungkin terjadi. Pada simulasi gangguan hubung singkat maksimum dilakukan pada bus-bus dalam tipikal yang telah dipilih. Hasil simulasi hubung singkat maksimum dipresentasikan pada tabel 4.2 berikut.

**Tabel 4.2** Data Hubung Singkat Maksimum 4 Cycle

Feeder Karangsari

No.	Bus	Isc. Maksimum 4 Cycle (kA)	Isc. Maksimum 4 Cycle (kA) DG
1.	bus 70 - Karang	0.557 KA	0.615 KA
2.	bus 51 - Batumulapan	0.65 KA	0.731 KA
3.	bus 36 - Karangsari	0.673 KA	0.761 KA
4.	bus 14 –F. Karangsari	0.734 KA	0.84 KA

Feeder Tanglad

No.	Bus	Isc. Maksimum 4 Cycle (kA)	Isc. Maksimum 4 Cycle (kA) DG
1.	Bus 14 - Tanglad	0.734 KA	0.84 KA
2.	Bus 118 Batumegong	0.583 KA	0.692 KA
3.	Bus 140 - Caruban	0.527 KA	0.614 KA
4.	Bus 278 – Skr Taji	0.457 KA	0.522 KA

#### Feeder Ped

No.	Bus	Isc. Maksimum 4 Cycle (kA)	Isc. Maksimum 4 Cycle (kA) DG
1.	Bus 14 – Ped	0.734 KA	0.84 KA
2.	Bus 314 – Bodong	0.682 KA	0.772 KA
3.	Bus 344 – Sebunibus	0.604 KA	0.672 KA
4.	Bus 353 – Mvitc	0.577 KA	0.638 KA

#### Incoming 20 KV sewatama unit

No.	Bus	Isc. Maksimum 4 Cycle (kA)	Isc. Maksimum 4 Cycle (kA) DG
1.	Bus 13	0.735 KA	0.84 KA
2.	Bus 3.9.12	0.735 KA	0.84 KA

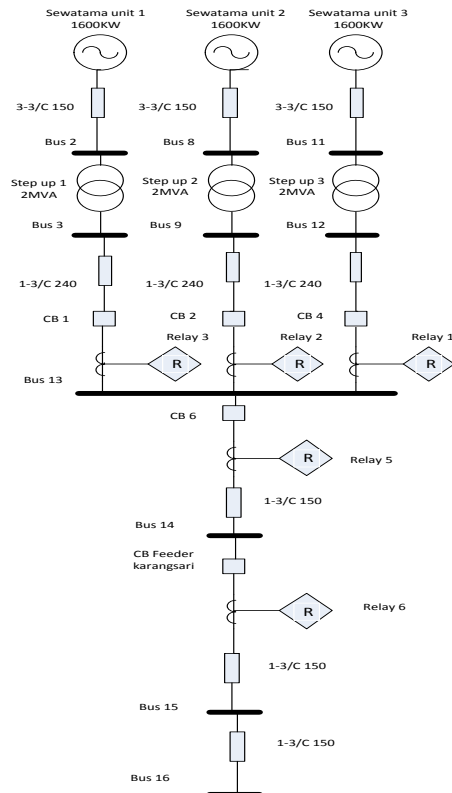
### 4.4 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa

Koordinasi rele arus lebih gangguan fasa merupakan *setting* masing-masing rele pada setiap peralatan dimana antara rele satu dengan yang lainnya harus bekerja sesuai dengan *setting* waktu yang telah ditentukan. Koordinasi ini hanya berguna jika terjadi gangguan arus lebih fasa saja. Gangguan tersebut meliputi *over load* dan *short circuit*. Sehingga perancangan koordinasi proteksi yang baik dan benar akan menjamin keberlangsungan pada proses industri. Pada koordinasi rele arus lebih dilakukan *setting* arus dan waktu pada rele arus lebih (50/51). Sesuai standard IEEE 242, *grading time* untuk rele *digital* adalah 0,2 sampai 0,3 detik. Pemilihan untuk tugas akhir ini dipilih *grading time* 0,2 detik.

Setelah dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai *pick up low set*, *pick up high set*, *time dial*, dan *time delay*, selanjutnya kurva koordinasi tipikal *diplot* pada *Star-Protective Device Coordination*. *Plotting* ini bertujuan untuk melihat *time current curve* pada koordinasi rele telah tepat atau belum. Rele pengaman juga harus memperhatikan arus *kontribusi* dan arus pengisian (*inrush current*) pada trafo.

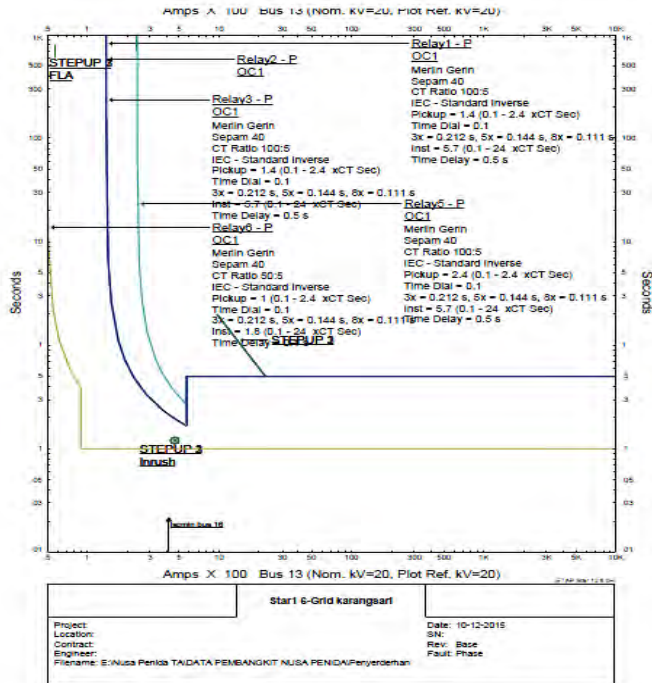
#### 4.4.1 Koordinasi Rele arus lebih Tipikal I

Koordinasi rele arus lebih tipikal 1 pada Gambar 4.1 merupakan koordinasi rele pengamanan arus lebih dari beban NP0101 menuju pembangkit Sewatama sebesar 1600 KW/unit melalui trafo TR-Step up 2 MVA pada *power plant* . Rele yang dikoordinasikan yaitu rele R-CB Karang , rele R-CB Karangsari, rele R-CB Batumulapan , rele R-Cb Feeder karangsari, Rele R-CB 6 Dan rele R-CB1,3,4 . Tipikal 1 direpresentasikan melalui gambar 4.1 sebagai berikut:



#### 4.1 Koordinasi Rele Tipikal 1

Untuk mempermudah pembacaan kurva eksisting pada *time current curve*, maka tipikal 1 yang dikoordinasikan adalah rele R-CB Feeder karangsari, rele R-CB 6, rele R-CB 1,3,4. Gambar 4.2 berikut adalah *time current curve* dari tipikal 1.



**Gambar 4.2** Hasil Plot Eksisting Rele Gangguan Fasa Tipikal 1a

Pada gambar TCC diatas apabila terjadi hubung singkat minimum Di bus 16 sebesar 0,482 kA, maka rele R-CB Karangsari akan bekerja terlebih dahulu pada waktu 0,05 detik. Dan apabila rele R-CB karangsari gagal bekerja, maka rele R-CB 6 akan bekerja pada waktu 0,5 detik. Dan apabila rele R-CB 6 gagal bekerja, maka rele R-CB 1,3,4 akan bekerja pada waktu 0,5 detik Hal tersebut sangat tidak diperkenankan karena menurut standar IEEE 242 untuk perbedaan

waktu minimum rele digital berbasis mikroprosesor antara 0,2 – 0,3 detik.

Untuk mempermudah Resetting ulang kurva, *time current curve* pada tipikal 1 ini dibagi menjadi 2 bagian. Untuk tipikal 1a dan 1b yang dikoordinasikan adalah rele R-CB Feeder karangsari, rele R-CB 6, rele R-CB 1,3,4 untuk typical 1b kemudian rele R-CB Karang, rele R-CB karangsari, rele R-CB Batumulapan dan rele R-CB Feeder Karangsari

Pada TCC untuk tipikal 1a, apabila terjadi hubung singkat minimum pada bus 16 sebesar 0.482 kA rele 6 akan *trip* pada 0,05 detik dan apabila gagal maka rele 5 akan bekerja terlebih dahulu dibandingkan dengan rele 1,2,3. Hal ini tidak diperbolehkan karena time tidak sesuai dengan standar IEEE 242 untuk perbedaan waktu minimum rele digital berbasis mikroprosesor antara 0,2 – 0,3 detik

Dari analisis kurva *existing* dapat diketahui bahwa *setting* rele masih perlu disempurnakan agar bisa didapatkan koordinasi rele pengaman yang tepat. Perhitungan harus memperhatikan manufaktur rele yang dipakai dan *grading time* harus sesuai dengan standart IEEE 242. Perhitungan ulang *setting* rele tersebut adalah sebagai berikut :

❖ **Koordinasi Rele arus lebih Tipikal Ia**

❖ **CB Feeder karangsari**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 49.653 A
Isc min Bus 14	: 0.487 KA
Isc max Bus 14	: 0.734 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 49.653 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 49.653$$

$$52.1356 \leq I_{set} \leq 69.514$$

$$I_{set} : 60 \text{ A}$$

$$\frac{52.1356}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{69.514}{50} I_n$$

$$1.042 I_n \leq \text{Tap} \leq 1.39 I_n$$

$$\text{Tap } 1.2 I_n$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 14}}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{734}{1.2 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.183

❖ **Instantaneous Pick up**

1.6 FLA ≤ I>> ≤ 0.8 Isc min bus 14

1.6. 49.653 ≤ I>> ≤ 0.8 487

79.45 ≤ I>> ≤ 389.6

I>> = 80A

$\frac{79.45}{50} In \leq Tap \leq \frac{389.6}{50} In$

1.589 In ≤ Tap ≤ 7.792 In

Tap yang dipilih 2 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.5 detik

❖ **CB 6 ( Incoming 20 KV SEWATAMA Unit )**

Manufacture : Merlin Gerlin Sepam 40

Model : MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type : IEC Standard Inverse

Ratio : 100 : 5

FLA : 60.1 A

Isc min Bus 13 : 0.488 KA

Isc max Bus 13 : 0.735 KA



❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 60.1 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 60.1$$

$$63.105 \leq I_{set} \leq 84.14$$

$$I_{set} : 80 \text{ A}$$

$$\frac{63.105}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{84.14}{100} I_n$$

$$0.63 I_n \leq \text{Tap} \leq 0.84 I_n$$

$$\text{Tap } 0.8 I_n$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.7 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.7 \times \left[ \left( \frac{I_{sc \max bus 13}}{\text{Tap} \times CT \text{ Primary}} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.7 \times \left[ \left( \frac{735}{0.75 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0.234 \text{ detik}$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 13}$$

$$1.6 \cdot 60.1 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 488$$

$$96.16 \leq I_{>>} \leq 390.4$$

$$I_{>>} = 320 \text{ A}$$

$$\frac{96.16}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{390.4}{100} I_n$$

$$0.96 I_n \leq \text{Tap} \leq 3.9 I_n$$

$$\text{Tap } 3 I_n$$

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.7 detik

❖ **CB 1,3,4 ( Incoming 20 KV SEWATAMA Unit )**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 100 : 5
FLA	: 57.74 A
Isc min Bus 3,9,12	: 0.488 KA
Isc max Bus 3,9,12	: 0.735 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 57.74 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 57.74$$

$$60.627 \leq \text{Iset} \leq 80.836$$

$$\text{Iset} : 70 \text{ A}$$

$$\frac{60.627}{100} \text{In} \leq \text{Tap} \leq \frac{80.836}{100} \text{In}$$

$$0.61 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 0.81 \text{ In}$$

$$\text{Tap } 0.7 \text{ In}$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.9 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.9 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 3,9,12}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.9 \times \left[ \left( \frac{735}{0.7 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0.31 \text{ detik}$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 13}$$

$$1.6 \cdot 57.74 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 488$$

$$92.384 \leq I \gg \leq 390.4$$

$$I \gg = 100 \text{ A}$$

$$\frac{92.384}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{390.4}{100} I_n$$

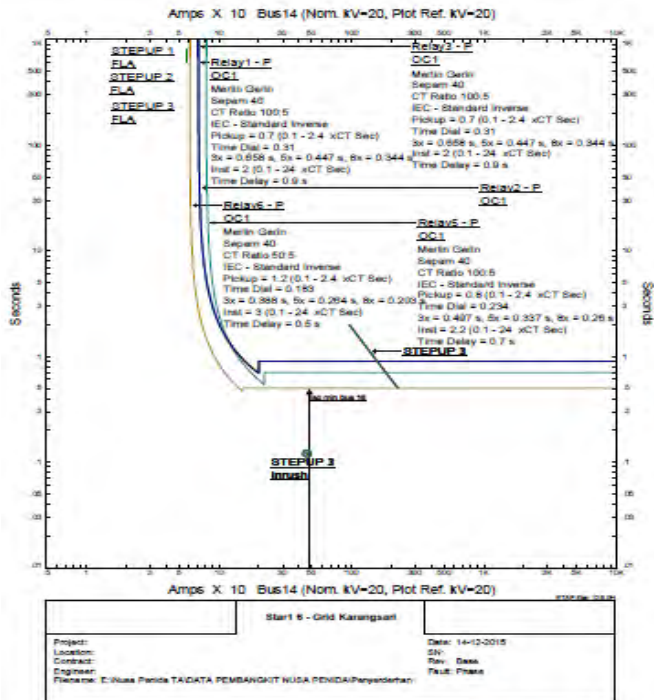
$$0.92 I_n \leq \text{Tap} \leq 3.9 I_n$$

Tap 3 In

### Time Delay

Time delay dipilih 0.9 detik

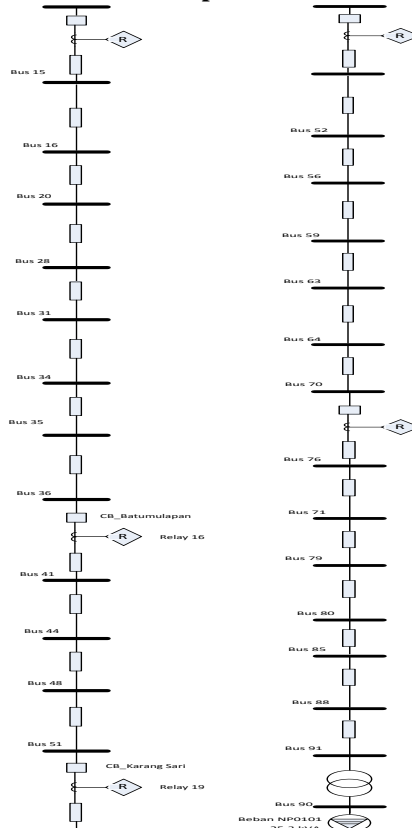
Dengan menggunakan hasil perhitungan tersebut, maka dapat di plot kurva arus waktu kondisi *resetting* pada *software* simulasi ETAP 12.6. Dan hasilnya adalah seperti Gambar 4.3 untuk TCC tipikal 1a



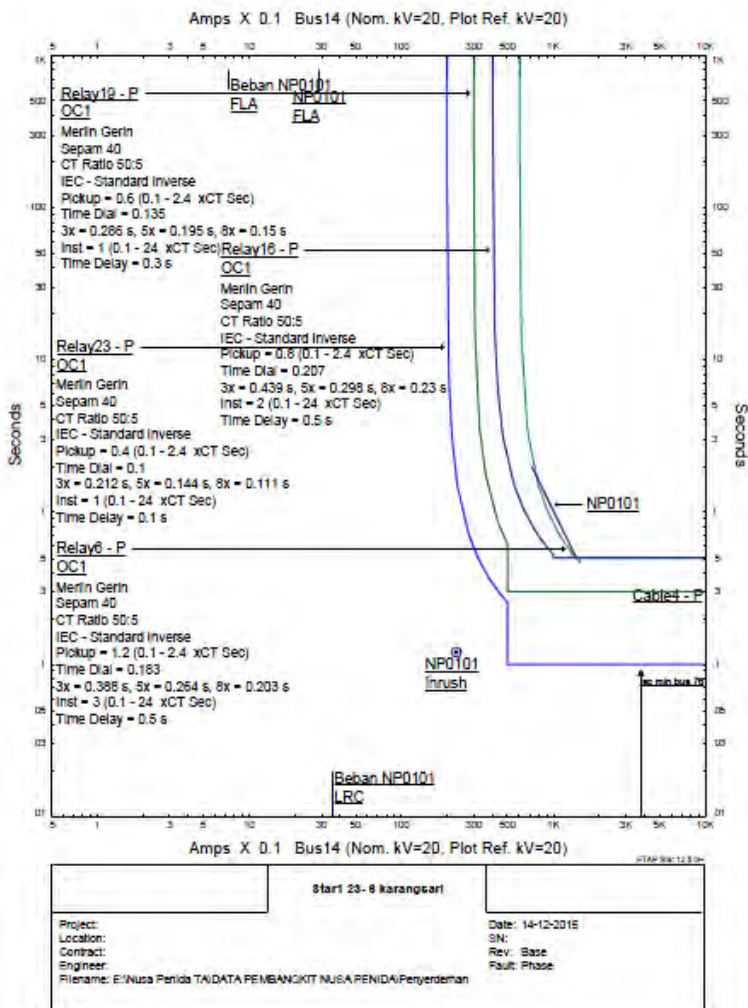
4.3 Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal 1a

Pada TCC Resetting untuk tipikal 1a, apabila terjadi hubung singkat minimum pada bus 16 sebesar 0.482 kA rele 6 akan *trip* pada 0,5 detik dan apabila gagal maka rele 5 akan bekerja terlebih dahulu Pada 0.7 detik dan selanjutnya rele 1,2,3 bekerja pada 0.9 detik. Hal ini diperbolehkan karena grading time sesuai dengan standar IEEE 242 untuk perbedaan waktu minimum rele digital berbasis mikroprosesor antara 0,2 – 0,3 detik

#### ❖ Koordinasi Rele arus lebih Tipikal 1b



#### 4.4 Koordinasi Rele Fasa Tipikal 1b



#### 4.5 Hasi Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal 1b

Pada gambar TCC Resetting 1 b diatas apabila terjadi hubung singkat minimum Di bus 76 sebesar 0,377 kA, maka rele R-CB Karang akan bekerja terlebih dahulu pada waktu 0,1 detik. Dan apabila rele R-CB karang gagal bekerja, maka rele R-CB Karangsari akan bekerja pada waktu 0,3 detik. Dan apabila rele R-CB Karangsari gagal bekerja, maka rele R-CB Batumulapan akan bekerja pada waktu 0,5 detik . Dan apabila rele R-CB Batumulapan gagal bekerja, maka rele R-CB Feeder karangsari akan bekerja pada waktu 0,5 detik Hal tersebut diperkenankan karena menurut standar IEEE 242 untuk perbedaan waktu minimum rele digital berbasis mikroprosesor antara 0,2 – 0,3 detik.

Dari analisis kurva *resetting* dapat diketahui bahwa *setting* rele masih perlu disempurnakan dan dibagi sesuai sectionalize atau pun daerah distribusi sehingga didapatkan resetting koordinasi rele pengaman yang tepat dan tidak memadamkan semua lokasi pada penyulang Karangsari. Perhitungan harus memperhatikan manufaktur rele yang dipakai dan *grading time* harus sesuai dengan standart IEEE 242. Perhitungan *Resetting* rele tersebut adalah sebagai berikut :

### ➤ **FEEDER KARANGSARI**

#### ❖ **CB Karang**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 15,878 A
Isc min Bus 70	: 0.39 KA
Isc max Bus 70	: 0.557 KA

#### ❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 15.878 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 15.878$$

$$16.6719 \leq I_{set} \leq 22,2292$$

$$I_{set} : 18 \text{ A}$$

$$\frac{16.6719}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{22,2292}{50} I_n$$

$$0.333 I_n \leq \text{Tap} \leq 0.45 I_n$$

$$\text{Tap } 0.4 I_n$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.1 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.1 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 70}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.1 \times \left[ \left( \frac{557}{0.4 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.05 detik dipilih 0.1 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6\ FLA \leq I_{>>} \leq 0.8\ Isc\ min\ bus\ 70$$

$$1.6 \times 15.878 \leq I_{>>} \leq 0.8 \times 390$$

$$25,4048 \leq I_{>>} \leq 312$$

$$I_{>>} = 30A$$

$$\frac{25.4048}{50} In \leq Tap \leq \frac{312}{50} In$$

$$0.51 In \leq Tap \leq 6.24 In$$

Tap yang dipilih 1 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.1 detik

❖ **CB Karang sari**

Manufacture : Merlin Gerlin Sepam 40  
Model : MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 25,982 A
Isc min Bus 51	: 0.442 KA
Isc max Bus 51	: 0.65 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 25,982 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 25,982$$

$$27.2811 \leq I_{set} \leq 36.3748$$

$$I_{set} : 30 \text{ A}$$

$$\frac{27.2811}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{36.3748}{50} I_n$$

$$0.55 I_n \leq \text{Tap} \leq 0.727 I_n$$

$$\text{Tap } 0.6 I_n$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.3 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.3 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 51}}{\text{Tap} \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.3 \times \left[ \left( \frac{650}{0.6 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0.135 \text{ detik}$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 51}$$

$$1.6 \cdot 25,982 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 442$$

$$41.5712 \leq I_{>>} \leq 353.6$$

$$I_{>>} = 50 \text{ A}$$



$$\frac{41.5712}{50} In \leq \text{Tap} \leq \frac{353.6}{50} In$$

$$0.83 In \leq \text{Tap} \leq 7.07 In$$

Tap yang dipilih 1 In

### **Time Delay**

Time delay dipilih 0.3 detik

#### ❖ **CB Batumulapan**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 31.755 A
Isc min Bus 36	: 0.455 KA
Isc max Bus 36	: 0.673 KA

#### ❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 31.755 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 31.755$$

$$33.343 \leq \text{Iset} \leq 44.457$$

Iset : 35 A

$$\frac{33.343}{50} In \leq \text{Tap} \leq \frac{44.457}{50} In$$

$$0.67 In \leq \text{Tap} \leq 0.89 In$$

Tap 0.8 In

#### ❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 36}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{673}{0.8 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0.207$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 36}$$

$$1.6 \cdot 31.755 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 455$$

$$50.808 \leq I_{>>} \leq 364$$

$$I_{>>} = 80 \text{ A}$$

$$\frac{50.808}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{364}{50} I_n$$

$$1.02 I_n \leq \text{Tap} \leq 7.28 I_n$$

Tap yang dipilih 2 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.5 detik

❖ **CB Feeder karangsari**

Manufacture : Merlin Gerlin Sepam 40

Model : MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type : IEC Standard Inverse

Ratio : 50 : 5

FLA : 49.653 A

Isc min Bus 14 : 0.487 KA

Isc max Bus 14 : 0.734 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 49.653 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 49.653$$

$$52.1356 \leq I_{set} \leq 69.514$$

$$I_{set} : 60 \text{ A}$$

$$\frac{52.1356}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{69.514}{50} I_n$$

$$1.042 I_n \leq \text{Tap} \leq 1.39 I_n$$

Tap 1.2 In

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 14}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{734}{1.2 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0.183$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6\ FLA \leq I_{>>} \leq 0.8\ Isc\ min\ bus\ 14$$

$$1.6 \times 49.653 \leq I_{>>} \leq 0.8 \times 487$$

$$79.45 \leq I_{>>} \leq 389.6$$

$$I_{>>} = 80A$$

$$\frac{79.45}{50} In \leq Tap \leq \frac{389.6}{50} In$$

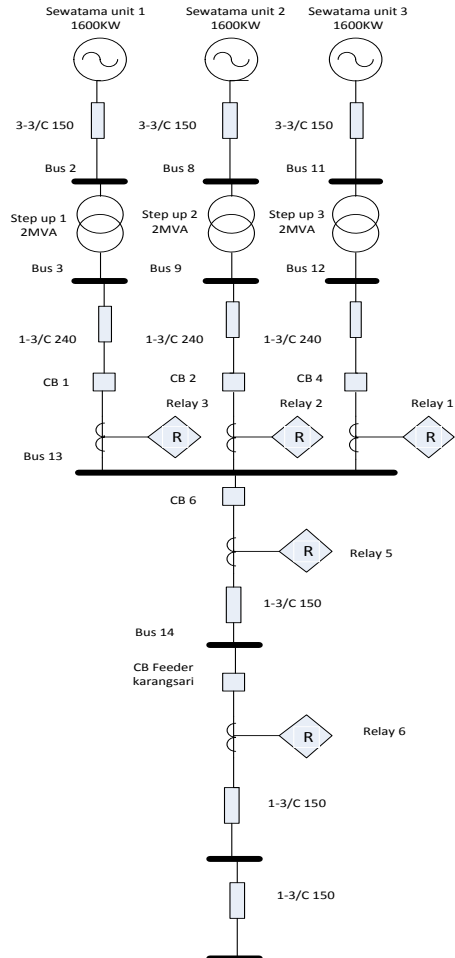
$$1.589\ In \leq Tap \leq 7.792\ In$$

Tap yang dipilih 2 In

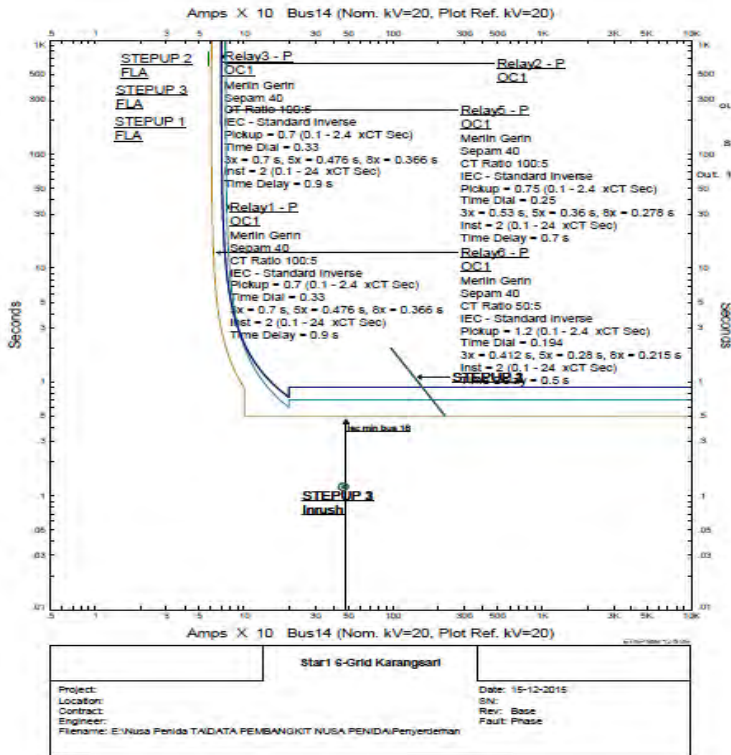
**Time Delay**

Time delay dipilih 0.5 detik

## ❖ Koordinasi Rele arus lebih Tipikal Ia dengan DG



### 4.6 Koordinasi Rele Tipikal 1a



#### 4.7 Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal 1a dengan DG

Pada gambar TCC diatas apabila terjadi hubung singkat minimum Di bus 16 sebesar 0,482 kA, maka rele R-CB Karangasari akan bekerja terlebih dahulu pada waktu 0,5 detik. Dan apabila rele R-CB karangsari gagal bekerja, maka rele R-CB 6 akan bekerja pada waktu 0,7 detik. Dan apabila rele R-CB 6 gagal bekerja, maka rele R-CB 1,3,4 akan bekerja pada waktu 0,9 detik Hal tersebut sangat diperkenankan karena menurut standar IEEE 242 untuk perbedaan waktu minimum rele digital berbasis mikroprosesor antara 0,2 – 0,3 detik.

Dari analisis kurva *Resetting* dengan menggunakan DG dapat diketahui bahwa *setting* rele masih perlu disempurnakan agar bisa didapatkan koordinasi rele pengaman yang tepat. Ketika Jaringan Distribusi terinject adanya DG maka yang berubah ketika terjadi arus hubung singkat maksimum atau overload maka secara perhitungan berubah dan setting time dial nya berubah menjadi lebih besar. maka Perhitungan ulang *setting* rele tersebut adalah sebagai berikut:

❖ **CB Feeder karangsari**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 49.653 A
Isc min Bus 14	: 0.487 KA
Isc max Bus 14	: 0.84 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 49.653 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 49.653$$

$$52.1356 \leq I_{set} \leq 69.514$$

$$I_{set} : 60 \text{ A}$$

$$\frac{52.1356}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{69.514}{50} I_n$$

$$1.042 I_n \leq \text{Tap} \leq 1.39 I_n$$

$$\text{Tap } 1.2 I_n$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{Isc \max bus 14}{Tap \times CT Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{840}{1.2 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0.194$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 FLA \leq I_{>>} \leq 0.8 I_{sc \min \text{ bus } 14}$$

$$1.6 \cdot 49.653 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 487$$

$$79.45 \leq I_{>>} \leq 389.6$$

$$I_{>>} = 80A$$

$$\frac{79.45}{50} In \leq Tap \leq \frac{389.6}{50} In$$

$$1.589 In \leq Tap \leq 7.792 In$$

Tap yang dipilih 2 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.5 detik

❖ **CB 6 ( Incoming 20 KV SEWATAMA Unit )**

Manufacture : Merlin Gerlin Sepam 40

Model : MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type : IEC Standard Inverse

Ratio : 100 : 5

FLA : 60.1 A

Isc min Bus 13 : 0.488 KA

Isc max Bus 13 : 0.84 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 FLA \leq I_{set} \leq 1.4 FLA$$

$$1.05 \cdot 60.1 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 60.1$$

$$63.105 \leq I_{set} \leq 84.14$$

$$I_{set} : 80 A$$

$$\frac{63.105}{100} In \leq Tap \leq \frac{84.14}{100} In$$

$$0.63 In \leq Tap \leq 0.84 In$$

Tap 0.8 In

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.7 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.7 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 13}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.7 \times \left[ \left( \frac{840}{0.75 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.25 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

1.6 FLA ≤ I>> ≤ 0.8 Isc min bus 13

1.6. 60.1 ≤ I>> ≤ 0.8 488

96.16 ≤ I>> ≤ 390.4

I>> = 320 A

$\frac{96.16}{100} In \leq Tap \leq \frac{390.4}{100} In$

0.96 In ≤ Tap ≤ 3.9 In

Tap 3 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.7 detik

❖ **CB 1,3,4 ( Incoming 20 KV SEWATAMA Unit )**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 100 : 5
FLA	: 57.74 A



Isc min Bus 3,9,12 : 0.488 KA  
 Isc max Bus 3,9,12 : 0.84 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 57.74 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 57.74$$

$$60.627 \leq I_{set} \leq 80.836$$

Iset : 70 A

$$\frac{60.627}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{80.836}{100} I_n$$

$$0.61 I_n \leq \text{Tap} \leq 0.81 I_n$$

Tap 0.7 In

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.9 detik

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$T_d = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$T_d = \frac{0.9 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 3,9,12}}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$T_d = \frac{0.9 \times \left[ \left( \frac{840}{0.7 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.33 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 13}$$

$$1.6 \cdot 57.74 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 488$$

$$92.384 \leq I_{>>} \leq 390.4$$

I>> = 100 A

$$\frac{92.384}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{390.4}{100} I_n$$

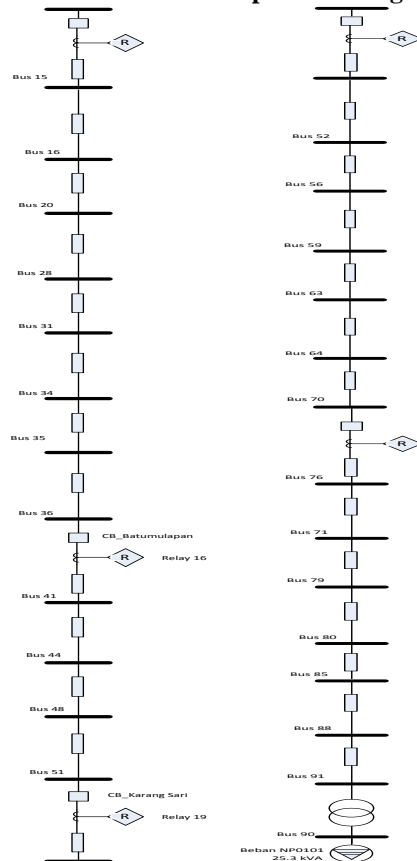
$$0.92 I_n \leq \text{Tap} \leq 3.9 I_n$$

Tap 3 In

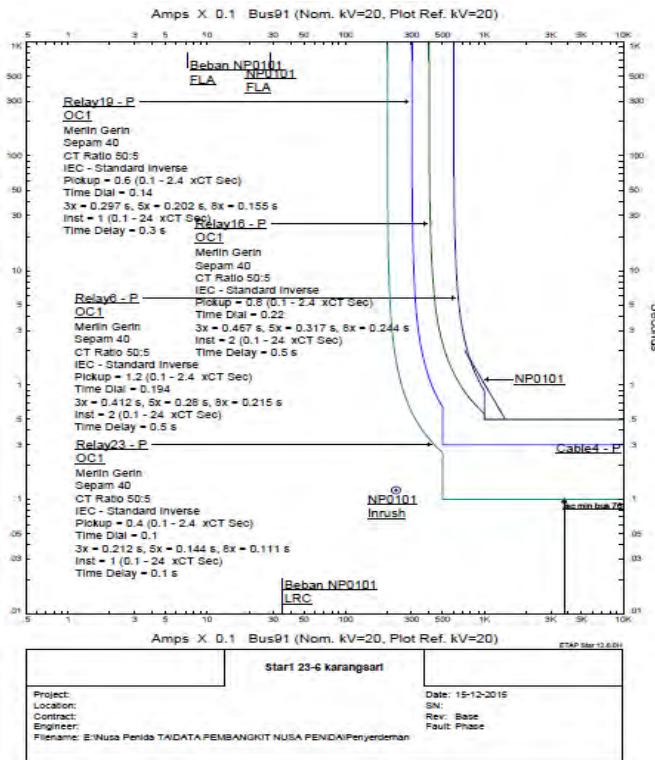
### Time Delay

Time delay dipilih 0.9 detik

#### ❖ Koordinasi Rele arus lebih Tipikal Ib dengan DG



### 4.8 Koordinasi Rele Tipikal Ib



#### 4.9 Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal 1b dengan DG

Pada gambar TCC diatas apabila terjadi hubung singkat minimum Di bus 76 sebesar 0,377 kA, maka rele R-CB Karang akan bekerja terlebih dahulu pada waktu 0,1 detik. Dan apabila rele R-CB karang gagal bekerja, maka rele R-CB karangsari akan bekerja pada waktu 0,3 detik. Dan apabila rele R-CB karangsari gagal bekerja, maka rele R-CB Batumulapan akan bekerja pada waktu 0,5 detik . apabila rele R-CB Batumulapan gagal bekerja, maka rele R-CBFeeder karangsari akan bekerja pada waktu 0,5 detik Hal tersebut sangat diperkenankan karena menurut standar

IEEE 242 untuk perbedaan waktu minimum rele digital berbasis mikroprosesor antara 0,2 – 0,3 detik.

Dari analisis kurva *Resetting* dapat diketahui bahwa *setting* rele masih perlu disempurnakan agar bisa didapatkan koordinasi rele pengamanan yang tepat. Ketika Jaringan Distribusi terinject adanya DG maka yang berubah ketika terjadi arus hubung singkat maksimum atau overload maka secara perhitungan berubah dan setting time dial nya berubah menjadi lebih besar. maka Perhitungan ulang *setting* rele tersebut adalah sebagai berikut:

### ➤ **FEEDER KARANGSARI**

#### ❖ **CB Karang**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 15,878 A
Isc min Bus 70	: 0.39 KA
Isc max Bus 70	: 0.615 KA

#### ❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 15.878 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 15.878$$

$$16.6719 \leq \text{Iset} \leq 22,2292$$

$$\text{Iset} : 18 \text{ A}$$

$$\frac{16.6719}{50} \text{In} \leq \text{Tap} \leq \frac{22,2292}{50} \text{In}$$

$$0.333 \text{In} \leq \text{Tap} \leq 0.45 \text{In}$$

$$\text{Tap } 0.4 \text{In}$$

#### ❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.1 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.1 \times \left[ \left( \frac{Isc \max bus 70}{Tap \times CT Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.1 \times \left[ \left( \frac{615}{0.4 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.051 detik dipilih 0.1 detik

#### ❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 70}$$

$$1.6 \cdot 15.878 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 390$$

$$25,4048 \leq I_{>>} \leq 312$$

$$I_{>>} = 30A$$

$$\frac{25.4048}{50} In \leq Tap \leq \frac{312}{50} In$$

$$0.51 In \leq Tap \leq 6.24 In$$

Tap yang dipilih 1 In

#### **Time Delay**

Time delay dipilih 0.1 detik

#### ❖ **CB Karang sari**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 25,982 A
Isc min Bus 51	: 0.442 KA
Isc max Bus 51	: 0.731 KA

#### ❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 25,982 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 25,982$$

$$27.2811 \leq I_{set} \leq 36.3748$$

Iset : 30 A

$$\frac{27.2811}{50} In \leq \text{Tap} \leq \frac{36.3748}{50} In$$

$$0.55 In \leq \text{Tap} \leq 0.727 In$$

Tap 0.6In

#### ❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.3 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.3 \times \left[ \left( \frac{I_{sc \max bus 51}}{\text{Tap} \times CT \text{ Primary}} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.3 \times \left[ \left( \frac{731}{0.6 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.14 detik

#### ❖ **Instantaneous Pick up**

1.6 FLA  $\leq I_{>>} \leq 0.8$  Isc min bus 51

1.6. 25,982  $\leq I_{>>} \leq 0.8$  442

41.5712  $\leq I_{>>} \leq 353.6$

$I_{>>} = 50A$

$$\frac{41.5712}{50} In \leq \text{Tap} \leq \frac{353.6}{50} In$$

$$0.83 In \leq \text{Tap} \leq 7.07 In$$

Tap yang dipilih 1 In

#### **Time Delay**

Time delay dipilih 0.3 detik

❖ **CB Batumulapan**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 31.755 A
Isc min Bus 36	: 0.455 KA
Isc max Bus 36	: 0.761 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 31.755 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 31.755$$

$$33.343 \leq \text{Iset} \leq 44.457$$

$$\text{Iset} : 35 \text{ A}$$

$$\frac{33.343}{50} \text{ In} \leq \text{Tap} \leq \frac{44.457}{50} \text{ In}$$

$$0.67 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 0.89 \text{ In}$$

$$\text{Tap } 0.8 \text{ In}$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 36}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{761}{0.8 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0.217$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 36}$$

$$1.6 \cdot 31.755 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 455$$

$$50.808 \leq I_{>} \leq 364$$

$$I_{>} = 80A$$

$$\frac{50.808}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{364}{50} I_n$$

$$1.02 I_n \leq \text{Tap} \leq 7.28 I_n$$

Tap yang dipilih 2 In

### **Time Delay**

Time delay dipilih 0.5 detik

#### ❖ **CB Feeder karangsari**

Manufacture : Merlin Gerlin Sepam 40

Model : MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type : IEC Standard Inverse

Ratio : 50 : 5

FLA : 49.653 A

Isc min Bus 14 : 0.487 KA

Isc max Bus 14 : 0.84 KA

#### ❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{\text{set}} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 49.653 \leq I_{\text{set}} \leq 1.4 \cdot 49.653$$

$$52.1356 \leq I_{\text{set}} \leq 69.514$$

Iset : 60 A

$$\frac{52.1356}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{69.514}{50} I_n$$

$$1.042 I_n \leq \text{Tap} \leq 1.39 I_n$$

Tap 1.2 In

#### ❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{\text{pick up}}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{\text{pick up}}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$



$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{Isc \max bus 14}{Tap \times CT Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{840}{1.2 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0.194$$

#### ❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 FLA \leq I_{>>} \leq 0.8 I_{sc \min bus 14}$$

$$1.6 \cdot 49.653 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 487$$

$$79.45 \leq I_{>>} \leq 389.6$$

$$I_{>>} = 80A$$

$$\frac{79.45}{50} In \leq Tap \leq \frac{389.6}{50} In$$

$$1.589 In \leq Tap \leq 7.792 In$$

Tap yang dipilih 2 In

#### **Time Delay**

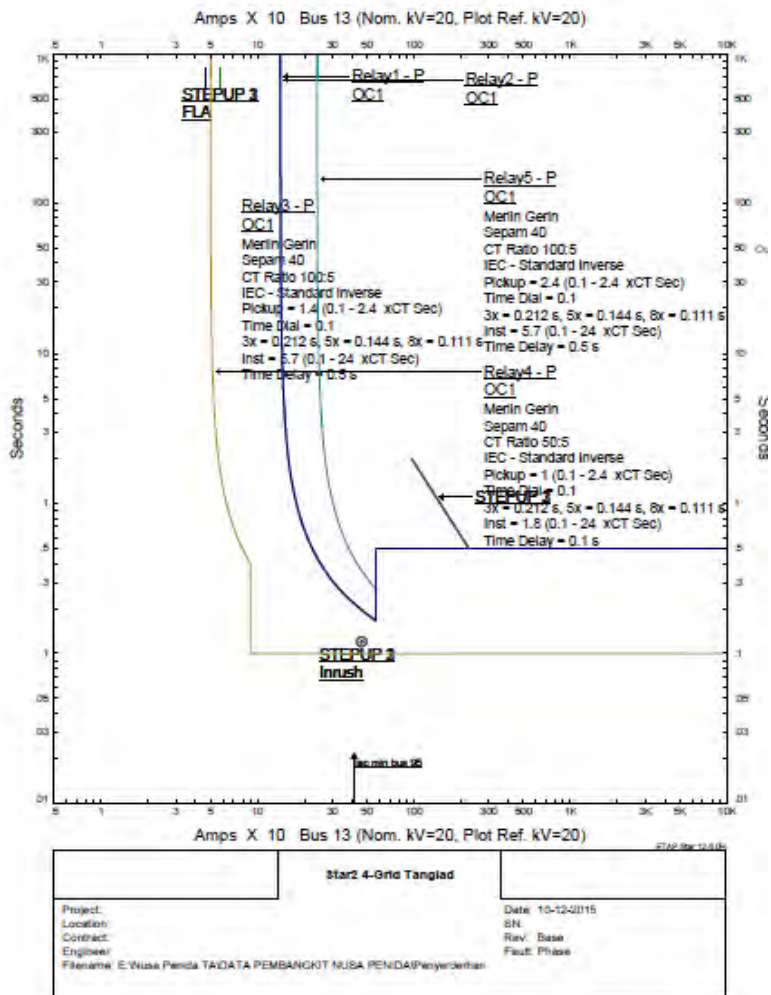
Time delay dipilih 0.5 detik

### **4.4.2 Koordinasi Rele arus lebih Tipikal II**

Koordinasi rele arus lebih tipikal II pada Gambar 4.10 merupakan koordinasi rele pengaman arus lebih dari beban NP0091 menuju pembangkit Sewatama sebesar 1600 KW/unit melalui trafo TR-Step up 2 MVA pada *power plant*. Rele yang dikoordinasikan yaitu rele R-CB Skr Taji, rele R-CB Caruban, rele R-CB Batumegong, rele R-Cb Feeder Tanglad, Rele R-CB 6 Dan rele R-CB1,3,4. Tipikal II direpresentasikan melalui gambar 4.1 sebagai berikut:



61



**4.11 Hasil Plot Eksisting Rele Gangguan Fasa Tipikal Ila**

Pada gambar TCC diatas apabila terjadi hubung singkat minimum Di bus 95 sebesar 0,482 kA, maka rele R-CB Tanglad akan bekerja terlebih dahulu pada waktu 0,05 detik. Dan apabila rele R-CB Tangladi gagal bekerja, maka rele R-CB 6 akan bekerja pada waktu 0,5 detik. Dan apabila rele R-CB 6 gagal bekerja, maka rele R-CB 1,3,4 akan bekerja pada waktu 0,5 detik Hal tersebut sangat tidak diperkenankan karena menurut standar IEEE 242 untuk perbedaan waktu minimum rele digital berbasis mikroprosesor antara 0,2 – 0,3 detik.

Untuk mempermudah Resetting ulang kurva, *time current curve* pada tipikal 1 ini dibagi menjadi 2 bagian. Untuk tipikal II a dan IIb yang dikoordinasikan adalah rele R-CB Feeder Tanglad, rele R-CB 6, rele R-CB 1,3,4 untuk typical IIb kemudian rele R-CB Skr Taji, rele R-CB Caruban, rele R-CB Batumegong dan rele R-CB Feeder Tanglad

Dari analisis kurva *Resetting* dapat diketahui bahwa *setting* rele masih perlu disempurnakan agar bisa didapatkan koordinasi rele pengaman yang tepat. Perhitungan harus memperhatikan manufaktur rele yang dipakai dan *grading time* harus sesuai dengan standart IEEE 242. Perhitungan ulang *setting* rele tersebut adalah sebagai berikut :

#### ❖ **CB Feeder Tanglad**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 84,585 A
Isc min Bus 14	: 0.487 KA
Isc max Bus 14	: 0.734 KA

#### ❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 84,585 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 84,585$$

$$88,8143 \leq \text{Iset} \leq 118,42$$

$$\text{Iset} : 90 \text{ A}$$

$$\frac{88,8143}{50} \text{ In} \leq \text{Tap} \leq \frac{118,42}{50} \text{ In}$$

$$1.766 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 2.37 \text{ In}$$

$$\text{Tap 2 In}$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 14}}{I_{Tap\ x\ CT\ Primary}} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{734}{2 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0.15$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6\ FLA \leq I_{>>} \leq 0.8\ I_{sc\ min\ bus\ 14}$$

$$1.6 \times 84,585 \leq I_{>>} \leq 0.8 \times 734$$

$$135.336 \leq I_{>>} \leq 587.2$$

$$I_{>>} = 150A$$

$$\frac{135.336}{50} In \leq Tap \leq \frac{587.2}{50} In$$

$$2.71 In \leq Tap \leq 11.74 In$$

Tap yang dipilih 3 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.5 detik

❖ **CB 6 ( Incoming 20 KV SEWATAMA Unit )**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 100 : 5
FLA	: 60.1 A

Isc min Bus 13 : 0.488 KA  
 Isc max Bus 13 : 0.735 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 60.1 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 60.1$$

$$63.105 \leq I_{set} \leq 84.14$$

Iset : 80 A

$$\frac{63.105}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{84.14}{100} I_n$$

$$0.63 I_n \leq \text{Tap} \leq 0.84 I_n$$

Tap 0.8 In

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.7 detik

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$T_d = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$T_d = \frac{0.7 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 13}}{\text{Tap} \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$T_d = \frac{0.7 \times \left[ \left( \frac{735}{0.75 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.234 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 13}$$

$$1.6 \cdot 60.1 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 488$$

$$96.16 \leq I_{>>} \leq 390.4$$

I<sub>>></sub> = 320 A

$$\frac{96.16}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{390.4}{100} I_n$$

$$0.96 I_n \leq \text{Tap} \leq 3.9 I_n$$

Tap 3 In

### **Time Delay**

Time delay dipilih 0.7 detik

#### ❖ **CB 1,3,4 ( Incoming 20 KV SEWATAMA Unit )**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 100 : 5
FLA	: 57.74 A
Isc min Bus 3,9,12	: 0.488 KA
Isc max Bus 3,9,12	: 0.735 KA

#### ❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 57.74 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 57.74$$

$$60.627 \leq \text{Iset} \leq 80.836$$

Iset : 70 A

$$\frac{60.627}{100} \text{ In} \leq \text{Tap} \leq \frac{80.836}{100} \text{ In}$$

$$0.61 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 0.81 \text{ In}$$

Tap 0.7 In

#### ❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.9 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.9 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 3,9,12}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.9 \times \left[ \left( \frac{735}{0.7 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.31 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 13}$$

$$1.6 \cdot 57.74 \leq I_{>} \leq 0.8 \cdot 488$$

$$92.384 \leq I_{>} \leq 390.4$$

$$I_{>} = 100 \text{ A}$$

$$\frac{92.384}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{390.4}{100} I_n$$

$$0.92 I_n \leq \text{Tap} \leq 3.9 I_n$$

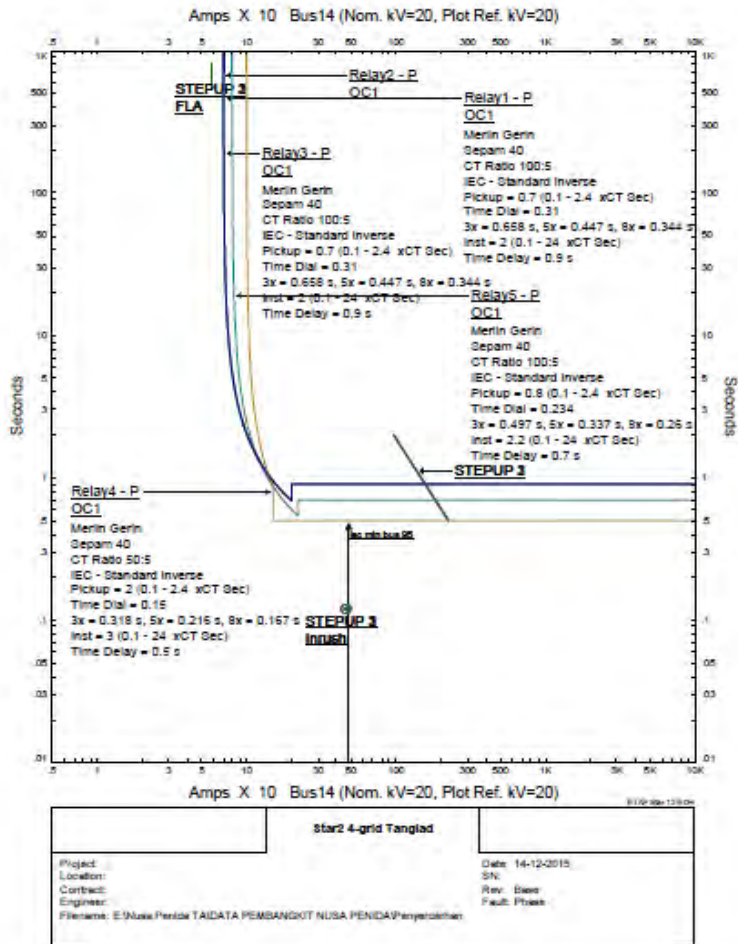
Tap 3 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.9 detik

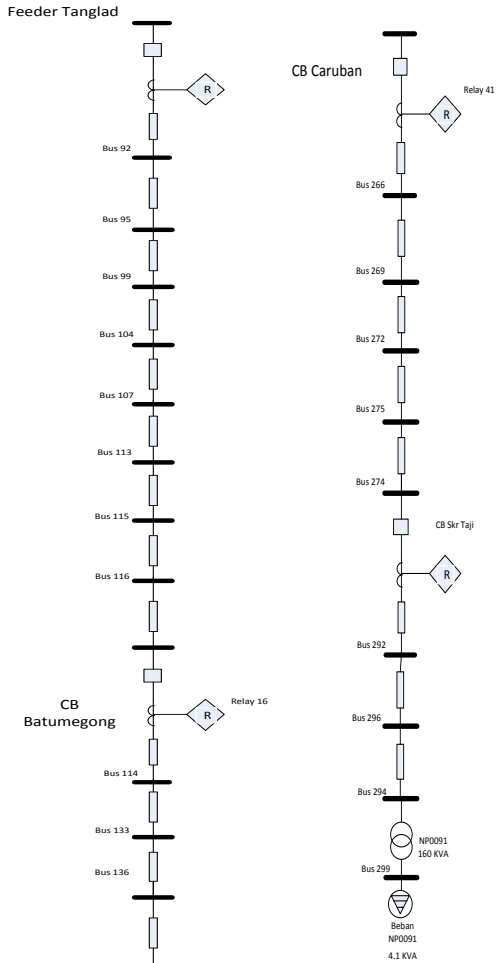


Dengan menggunakan hasil perhitungan tersebut, maka dapat di *plot* kurva arus waktu kondisi *resetting* pada *software* simulasi ETAP 12.6. Dan hasilnya adalah seperti Gambar 4.12 untuk TCC tipikal 1b

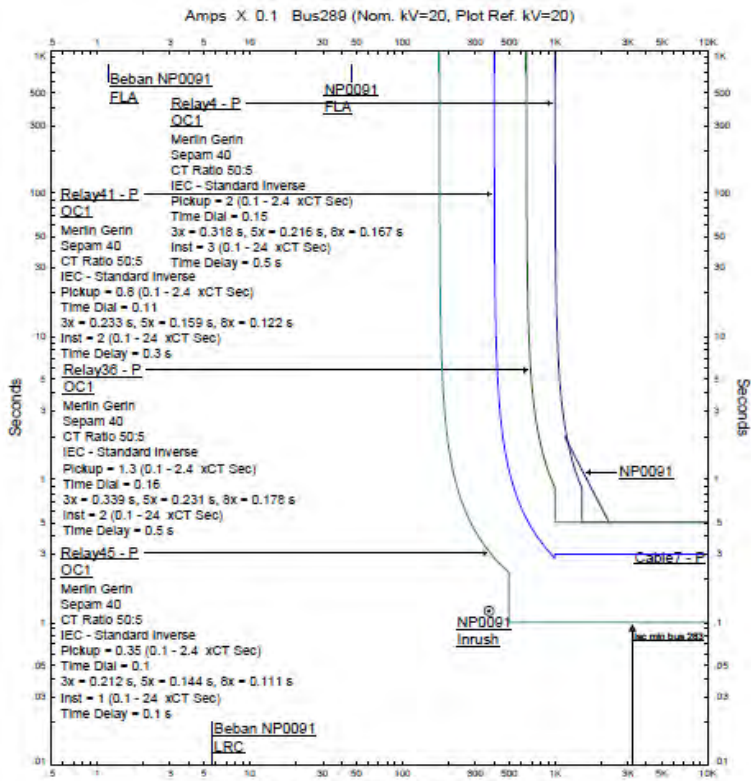


#### 4.12 Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal 1b

## ❖ Koordinasi Rele arus lebih Tipikal IIb



### 4.13 Koordinasi Rele Tipikal II b



#### 4.14 Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal Iib

Pada gambar TCC diatas apabila terjadi hubung singkat minimum Di bus 283 sebesar 0,322 kA, maka rele R-CB Skr Taji akan bekerja terlebih dahulu pada waktu 0,1 detik. Dan apabila rele R-CB Skr Taji gagal bekerja, maka rele R-CB Caruban akan bekerja pada waktu 0,3 detik. apabila rele R-CB Caruban gagal bekerja, maka rele R-CB Batunegong akan bekerja pada waktu 0,5 detik Dan apabila rele R-CB Batunegong gagal bekerja, maka rele R-CB Feeder Tanglad akan bekerja pada waktu 0,5 detik Hal tersebut sangat tidak diperkenankan karena menurut standar IEEE 242 untuk perbedaan waktu minimum rele digital berbasis mikroprosesor antara 0,2 – 0,3 detik.

Untuk mempermudah Resetting ulang kurva, *time current curve* pada tipikal IIB ini dibagi menjadi 2 bagian. Untuk tipikal IIA dan IIB yang dikoordinasikan adalah rele R-CB Feeder Tanglad, rele R-CB 6, rele R-CB 1,3,4 untuk typical II b kemudian rele R-CB Skr Taji, rele R-CB Carubani, rele R-CB Batunegong dan rele R-CB Feeder Tanglad

Dari analisis kurva *Resetting* dapat diketahui bahwa *setting* rele masih perlu disempurnakan agar bisa didapatkan koordinasi rele pengaman yang tepat. Perhitungan harus memperhatikan manufaktur rele yang dipakai dan *grading time* harus sesuai dengan standart IEEE 242. Perhitungan ulang *setting* rele tersebut adalah sebagai berikut :

### ➤ **FEEDER TANGLAD**

#### ❖ **CB Skr Taji**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 13,857 A
Isc min Bus 278	: 0.332 KA
Isc max Bus 278	: 0.457 KA

#### ❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 13,857 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 13,857$$

$$14,549 \leq \text{Iset} \leq 19,399$$

Iset : 16 A

$$\frac{14,549}{50} In \leq \text{Tap} \leq \frac{19,399}{50} In$$

$$0.29 In \leq \text{Tap} \leq 0.387 In$$

Tap 0.35 In

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.1 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.1 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 278}}{I_{Tap \times CT\ Primary}} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.1 \times \left[ \left( \frac{457}{0.35 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.05 detik dipilih 0.1 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

1.6 FLA  $\leq I_{>>} \leq$  0.8 Isc min bus 278

1.6. 13,857  $\leq I_{>>} \leq$  0.8 332

22.1712  $\leq I_{>>} \leq$  265.6

$I_{>>} =$  25 A

$$\frac{22.1712}{50} In \leq \text{Tap} \leq \frac{265.6}{50} In$$

0.44 In  $\leq$  Tap  $\leq$  5.312 In

Tap yang dipilih 1 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.1 detik

❖ **CB Caruban**

Manufacture : Merlin Gerlin Sepam 40

Model : MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 32,333 A
Isc min Bus 140	: 0.374 KA
Isc max Bus 140	: 0.527 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 32,333 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 32,333$$

$$33.949 \leq I_{set} \leq 45.266$$

$$I_{set} : 35 \text{ A}$$

$$\frac{33.949}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{45.266}{50} I_n$$

$$0.67 I_n \leq \text{Tap} \leq 0.91 I_n$$

$$\text{Tap } 0.8 I_n$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.3 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.3 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 140}}{\text{Tap} \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.3 \times \left[ \left( \frac{527}{0.8 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0.11 \text{ detik}$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 140}$$

$$1.6 \cdot 32,333 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 527$$

$$51.733 \leq I_{>>} \leq 412.6$$

$$I_{>>} = 80 \text{ A}$$

$$\frac{51.733}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{412.6}{50} I_n$$

$$1,04 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 8,252 \text{ In}$$

Tap yang dipilih 3 In

### **Time Delay**

Time delay dipilih 0.3 detik

#### ❖ **CB Batumegong**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 52,252 A
Isc min Bus 118	: 0.406 KA
Isc max Bus 118	: 0.583 KA

#### ❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 52,252 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 52,252$$

$$54,865 \leq \text{Iset} \leq 73,153$$

Iset : 18 A

$$\frac{54,865}{50} \text{ In} \leq \text{Tap} \leq \frac{73,153}{50} \text{ In}$$

$$1.1 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 1.46 \text{ In}$$

Tap = 1.3In

#### ❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 118}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{583}{1.3 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0,16$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 118}$$

$$1.6 \cdot 52,252 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 583$$

$$83,603 \leq I_{>>} \leq 466,4$$

$$I_{>} = 100\text{A}$$

$$\frac{83,603}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{466,4}{50} I_n$$

$$1,67 I_n \leq \text{Tap} \leq 9,328 I_n$$

Tap yang dipilih 3 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.5 detik

❖ **CB Feeder Tanglad**

Manufacture : Merlin Gerlin Sepam 40

Model : MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type : IEC Standard Inverse

Ratio : 50 : 5

FLA : 84,585 A

Isc min Bus 14 : 0.487 KA

Isc max Bus 14 : 0.734 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 84,585 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 84,585$$

$$88,8143 \leq \text{Iset} \leq 118,42$$

$$\text{Iset} : 90 \text{ A}$$

$$\frac{88,8143}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{118,42}{50} I_n$$

$$1.766 I_n \leq \text{Tap} \leq 2.37 I_n$$

Tap 2 In



❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 14}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{734}{2 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0.15$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6\ FLA \leq I_{>>} \leq 0.8\ Isc\ min\ bus\ 14$$

$$1.6 \cdot 84,585 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 734$$

$$135.336 \leq I_{>>} \leq 587.2$$

$$I_{>>} = 150A$$

$$\frac{135.336}{50} In \leq Tap \leq \frac{587.2}{50} In$$

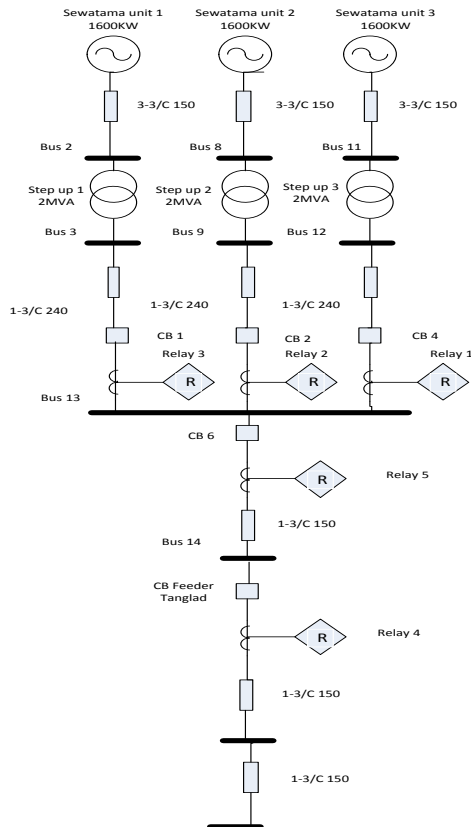
$$2.71\ In \leq Tap \leq 11.74\ In$$

Tap yang dipilih 3 In

**Time Delay**

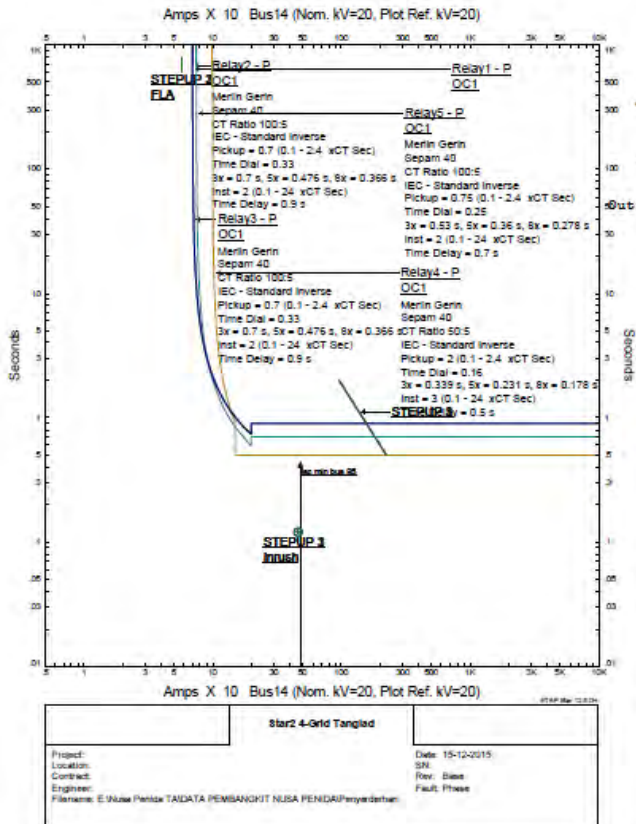
Time delay dipilih 0.5 detik

❖ **Koordinasi Rele arus lebih Tipikal IIa menggunakan DG**



#### 4.15 Koordinasi Rele Tipikal Ila

Untuk mempermudah pembacaan kurva Resetting pada *time current curve*, maka tipikal 2 yang dikoordinasikan adalah rele R-CB Feeder Tanglad , rele R-CB 6, rele R-CB 1,2,4. Gambar 4.16 berikut adalah *time current curve* dari tipikal IIB.



#### 4.16 Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal Ila dengan DG

Pada gambar TCC diatas apabila terjadi hubung singkat minimum Di bus 95 sebesar 0,482 kA, maka rele R-CB Feeder Tanglad akan bekerja terlebih dahulu pada waktu 0,5 detik. Dan apabila rele R-CB 6 gagal bekerja, maka rele R-CB 6 akan bekerja pada waktu 0,7 detik. apabila rele R-CB 6 gagal bekerja, maka rele R-CB 1,2,4 akan bekerja pada waktu 0,9 Hal tersebut sangat tidak diperkenankan karena menurut standar IEEE 242 untuk perbedaan

waktu minimum rele digital berbasis mikroprosesor antara 0,2 – 0,3 detik.

Untuk mempermudah Resetting ulang kurva, *time current curve* pada tipikal Ib ini dibagi menjadi 2 bagian. Untuk tipikal IIa dan IIb yang dikoordinasikan adalah rele R-CB Feeder Tanglad, rele R-CB 6, rele R-CB 1,3,4 untuk typical II b kemudian rele R-CB Skr Taji, rele R-CB Caruban, rele R-CB Batumegong dan rele R-CB Feeder Tanglad

Dari analisis kurva *Resetting* dapat diketahui bahwa *setting* rele masih perlu disempurnakan agar bisa didapatkan koordinasi rele pengaman yang tepat. Perhitungan harus memperhatikan manufaktur rele yang dipakai dan *grading time* harus sesuai dengan standart IEEE 242. Perhitungan ulang *setting* rele tersebut adalah sebagai berikut

❖ **CB Feeder Tanglad**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 84,585 A
Isc min Bus 14	: 0.487 KA
Isc max Bus 14	: 0.84 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 84,585 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 84,585$$

$$88,8143 \leq \text{Iset} \leq 118,42$$

$$\text{Iset} : 90 \text{ A}$$

$$\frac{88,8143}{50} \text{ In} \leq \text{Tap} \leq \frac{118,42}{50} \text{ In}$$

$$1.766 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 2.37 \text{ In}$$

$$\text{Tap } 2 \text{ In}$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 14}}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{840}{2 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0.155$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6\ FLA \leq I_{>>} \leq 0.8\ I_{sc\ min\ bus\ 14}$$

$$1.6 \cdot 84,585 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 734$$

$$135.336 \leq I_{>>} \leq 587.2$$

$$I_{>>} = 150A$$

$$\frac{135.336}{50} In \leq Tap \leq \frac{587.2}{50} In$$

$$2.71 In \leq Tap \leq 11.74 In$$

Tap yang dipilih 5 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.5 detik

❖ **CB 6 ( Incoming 20 KV SEWATAMA Unit )**

Manufacture : Merlin Gerlin Sepam 40

Model : MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type : IEC Standard Inverse

Ratio : 100 : 5

FLA : 60.1 A

Isc min Bus 13 : 0.488 KA

Isc max Bus 13 : 0.84 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 60.1 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 60.1$$

$$63.105 \leq I_{set} \leq 84.14$$

$$I_{set} : 80 \text{ A}$$

$$\frac{63.105}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{84.14}{100} I_n$$

$$0.63 I_n \leq \text{Tap} \leq 0.84 I_n$$

$$\text{Tap } 0.75 I_n$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.7 detik

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$T_d = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$T_d = \frac{0.7 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 13}}{\text{Tap} \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$T_d = \frac{0.7 \times \left[ \left( \frac{840}{0.75 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$T_d = 0.25 \text{ detik}$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 13}$$

$$1.6 \cdot 60.1 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 488$$

$$96.16 \leq I_{>>} \leq 390.4$$

$$I_{>>} = 320 \text{ A}$$

$$\frac{96.16}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{390.4}{100} I_n$$

$$0.96 I_n \leq \text{Tap} \leq 3.9 I_n$$

$$\text{Tap } 3 I_n$$

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.7 detik

❖ **CB 1,3,4 ( Incoming 20 KV SEWATAMA Unit )**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 100 : 5
FLA	: 57.74 A
Isc min Bus 3,9,12	: 0.488 KA
Isc max Bus 3,9,12	: 0.84 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 57.74 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 57.74$$

$$60.627 \leq \text{Iset} \leq 80.836$$

$$\text{Iset} : 70 \text{ A}$$

$$\frac{60.627}{100} \text{ In} \leq \text{Tap} \leq \frac{80.836}{100} \text{ In}$$

$$0.61 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 0.81 \text{ In}$$

$$\text{Tap } 0.7 \text{ In}$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.9 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.9 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 3,9,12}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.9 \times \left[ \left( \frac{840}{0.7 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0.33 \text{ detik}$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 13}$$

$$1.6 \cdot 57.74 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 488$$

$$92.384 \leq I_{>>} \leq 390.4$$

$$I_{>>} = 100 \text{ A}$$

$$\frac{92.384}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{390.4}{100} I_n$$

$$0.92 I_n \leq \text{Tap} \leq 3.9 I_n$$

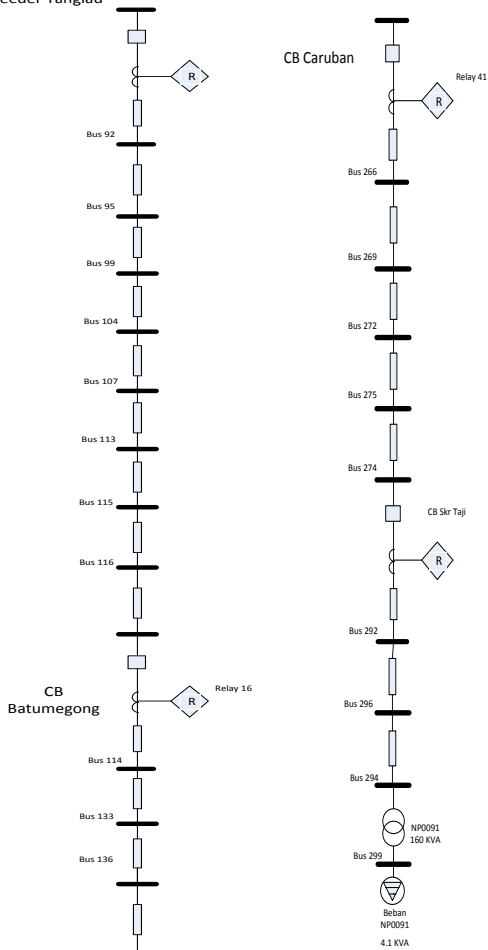
Tap 3 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.9 detik



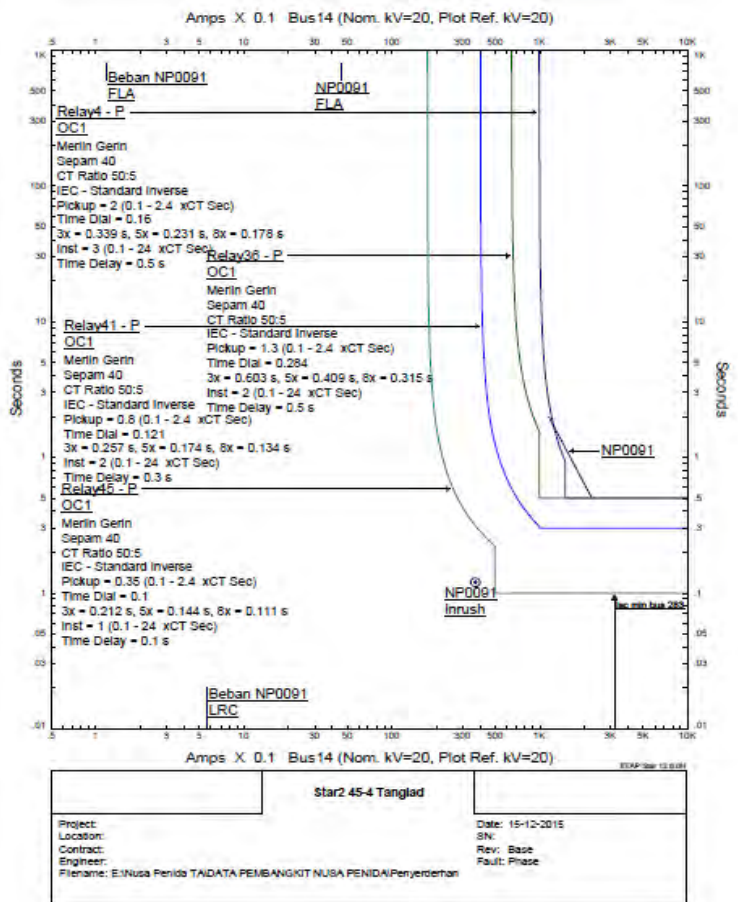
## ❖ Koordinasi Rele arus lebih Tipikal IIB menggunakan DG



### 4.17 Koordinasi Rele Tipikal IIB

Untuk mempermudah pembacaan kurva Resetting pada *time current curve*, maka tipikal 2 yang dikoordinasikan adalah rele R-CB Skr Taji , rele R-CB Caruban, rele R-CB Batumegong dan Feeder

Tanglad. Gambar 4.18 berikut adalah *time current curve* dari tipikal IIB.



#### 4.18 Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal IIB dengan DG

Pada gambar TCC diatas apabila terjadi hubung singkat minimum Di bus 283 sebesar 0,322 kA, maka rele R-CB Skr Tajivakan

bekerja terlebih dahulu pada waktu 0,1 detik. Dan apabila rele R-CB Skr Taji gagal bekerja, maka rele R-CB Caruban akan bekerja pada waktu 0,3 detik. apabila rele R-CB Caruban gagal bekerja, maka rele R-CB Batumegong akan bekerja pada waktu 0,5 detik Dan apabila rele R-CB Batumegong gagal bekerja, maka rele R-CB Feeder Tanglad akan bekerja pada waktu 0,5 detik Hal tersebut sangat tidak diperkenankan karena menurut standar IEEE 242 untuk perbedaan waktu minimum rele digital berbasis mikroprosesor antara 0,2 – 0,3 detik.

Untuk mempermudah Resetting ulang kurva, *time current curve* pada tipikal IIB ini dibagi menjadi 2 bagian. Untuk tipikal IIA dan IIB yang dikoordinasikan adalah rele R-CB Feeder Tanglad, rele R-CB 6, rele R-CB 1,3,4 untuk typical II b kemudian rele R-CB Skr Taji, rele R-CB Carubani, rele R-CB Batumegong dan rele R-CB Feeder Tanglad

Dari analisis kurva *Resetting* dapat diketahui bahwa *setting* rele masih perlu disempurnakan agar bisa didapatkan koordinasi rele pengaman yang tepat. Perhitungan harus memperhatikan manufaktur rele yang dipakai dan *grading time* harus sesuai dengan standart IEEE 242. Perhitungan ulang *setting* rele tersebut adalah sebagai berikut

#### ➤ **FEEDER TANGLAD**

##### ❖ **CB Skr Taji**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 13,857 A
Isc min Bus 278	: 0.332 KA
Isc max Bus 278	: 0.522 KA

##### ❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 13,857 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 13,857$$

$$14,549 \leq \text{Iset} \leq 19,399$$

$$\text{Iset} : 16 \text{ A}$$

$$\frac{14,549}{50} \text{ In} \leq \text{Tap} \leq \frac{19,399}{50} \text{ In}$$

$$0.29 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 0.387 \text{ In}$$

$$\text{Tap } 0.35 \text{ In}$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.1 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.1 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 278}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.1 \times \left[ \left( \frac{522}{0.35 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.05 detik dipilih 0.1 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

1.6 FLA ≤ I>> ≤ 0.8 Isc min bus 278

1.6. 13,857 ≤ I>> ≤ 0.8 332

22.1712 ≤ I>> ≤ 265.6

I>> = 25 A

$\frac{22.1712}{50} In \leq Tap \leq \frac{265.6}{50} In$

0.44 In ≤ Tap ≤ 5.312 In

Tap yang dipilih 1 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.1 detik

❖ **CB Caruban**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 32,333 A

Isc min Bus 140 : 0.374 KA  
 Isc max Bus 140 : 0.614 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$   
 $1.05 \cdot 32,333 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 32,333$   
 $33.949 \leq \text{Iset} \leq 45.266$   
 Iset : 35 A  
 $\frac{33.949}{50} \text{ In} \leq \text{Tap} \leq \frac{45.266}{50} \text{ In}$   
 $0.67 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 0.91 \text{ In}$   
 Tap 0.8 In

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.3 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.3 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 140}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.3 \times \left[ \left( \frac{614}{0.8 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.121 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 140}$   
 $1.6 \cdot 32,333 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 527$   
 $51.733 \leq I_{>>} \leq 412.6$   
 $I_{>>} = 80A$   
 $\frac{51.733}{50} \text{ In} \leq \text{Tap} \leq \frac{412.6}{50} \text{ In}$   
 $1,04 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 8,252 \text{ In}$

Tap yang dipilih 3 In

### **Time Delay**

Time delay dipilih 0.3 detik

#### ❖ **CB Batumegong**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 52,252 A
Isc min Bus 118	: 0.406 KA
Isc max Bus 118	: 0.692 KA

#### ❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 52,252 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 52,252$$

$$54,865 \leq \text{Iset} \leq 73,153$$

$$\text{Iset} : 18 \text{ A}$$

$$\frac{54,865}{50} \text{In} \leq \text{Tap} \leq \frac{73,153}{50} \text{In}$$

$$1.1 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 1.46 \text{ In}$$

$$\text{Tap} = 1.3 \text{ In}$$

#### ❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 118}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{692}{1.3 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0,284$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 118}$$

$$1.6 \cdot 52,252 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 583$$

$$83,603 \leq I_{>>} \leq 466,4$$

$$I_{>>} = 100\text{A}$$

$$\frac{83,603}{50} \text{In} \leq \text{Tap} \leq \frac{466,4}{50} \text{In}$$

$$1,67 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 9,328 \text{ In}$$

Tap yang dipilih 3 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.5 detik

❖ **CB Feeder Tanglad**

Manufacture : Merlin Gerlin Sepam 40

Model : MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type : IEC Standard Inverse

Ratio : 50 : 5

FLA : 84,585 A

Isc min Bus 14 : 0.487 KA

Isc max Bus 14 : 0.84 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 84,585 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 84,585$$

$$88,8143 \leq \text{Iset} \leq 118,42$$

$$\text{Iset} : 90 \text{ A}$$

$$\frac{88,8143}{50} \text{In} \leq \text{Tap} \leq \frac{118,42}{50} \text{In}$$

$$1.766 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 2.37 \text{ In}$$

Tap 2 In

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 14}}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{840}{2 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0.155$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6\ FLA \leq I_{>>} \leq 0.8\ I_{sc\ min\ bus\ 14}$$

$$1.6 \cdot 84,585 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 734$$

$$135.336 \leq I_{>>} \leq 587.2$$

$$I_{>>} = 150A$$

$$\frac{135.336}{50} I_n \leq Tap \leq \frac{587.2}{50} I_n$$

$$2.71\ I_n \leq Tap \leq 11.74\ I_n$$

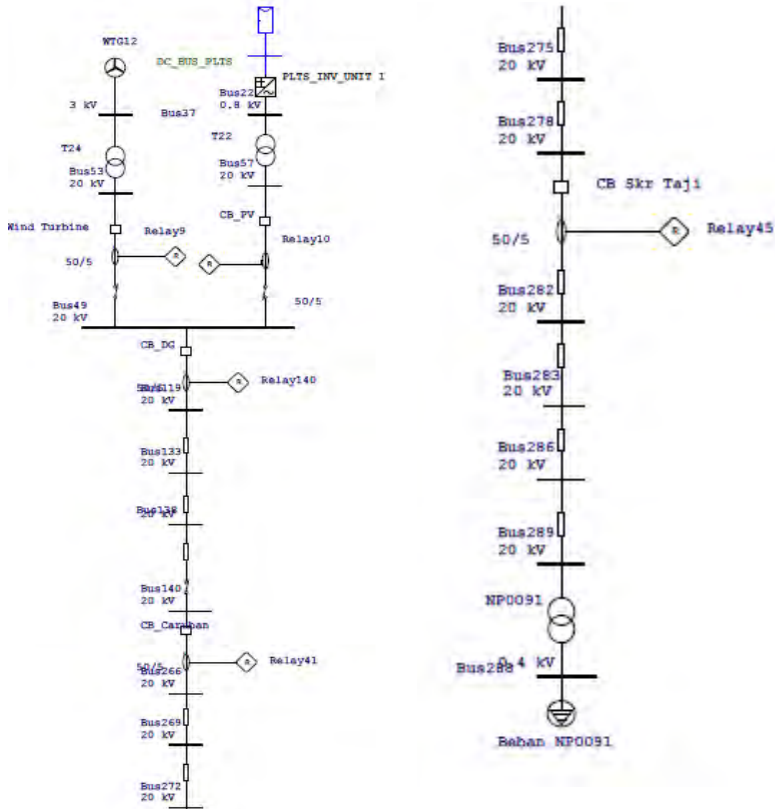
Tap yang dipilih 3 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.5 detik



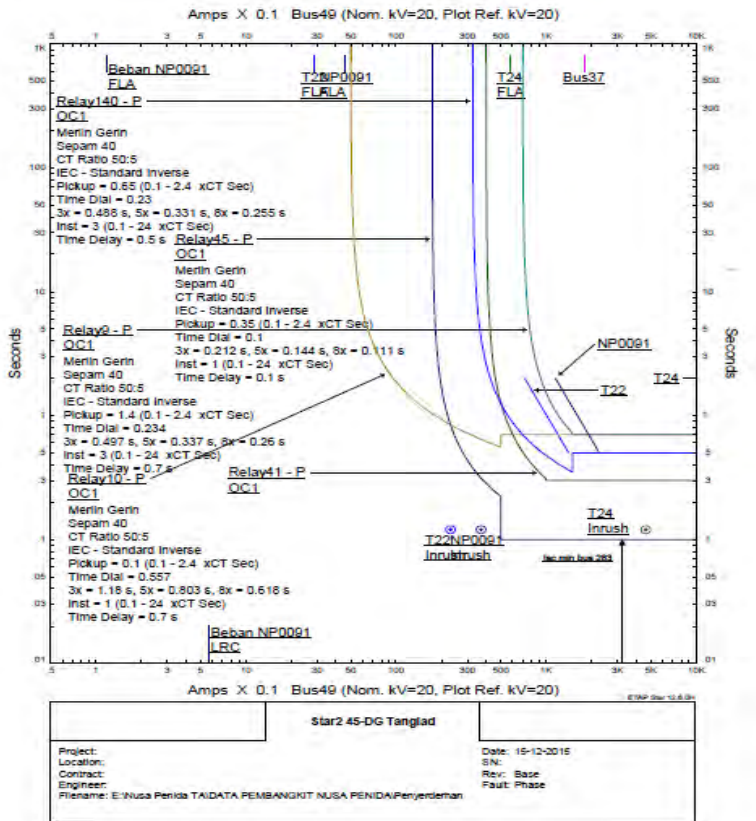
❖ **Koordinasi Rele arus lebih Tipikal IIb menggunakan DG**



#### 4.19 Koordinasi Rele Tipikal IIB dengan DG

Untuk mempermudah pembacaan kurva Resetting pada *time current curve*, maka tipikal 2 yang dikoordinasikan adalah rele R-CB Skr Taji , rele R-CB Caruban, rele R-CB DG, R-CB wind

turbine dan PV. Gambar 4.20 berikut adalah *time current curve* dari tipikal IIB.



**4.20** Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal IIB dengan DG

Pada gambar TCC diatas apabila terjadi hubung singkat minimum Di bus 283 sebesar 0,322 kA, maka rele R-CB Skr Taji akan bekerja terlebih dahulu pada waktu 0,1 detik. Dan apabila rele R-CB Skr Taji gagal bekerja, maka rele R-CB Caruban akan bekerja pada waktu 0,3 detik. apabila rele R-CB Caruban gagal bekerja, maka rele R-CB DG akan bekerja pada waktu 0,5 detik Dan apabila rele R-CB DG gagal bekerja, maka rele R-CB wind turbine dan PV akan bekerja pada waktu 0,5 detik Hal tersebut sangat tidak diperkenankan karena menurut standar IEEE 242 untuk perbedaan waktu minimum rele digital berbasis mikroprosesor antara 0,2 – 0,3 detik.

Dari analisis kurva *Resetting* dapat diketahui bahwa *setting* rele masih perlu disempurnakan agar bisa didapatkan koordinasi rele pengaman yang tepat. Perhitungan harus memperhatikan manufaktur rele yang dipakai dan *grading time* harus sesuai dengan standart IEEE 242. Perhitungan ulang *setting* rele tersebut adalah sebagai berikut

#### ❖ **CB Skr Taji**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 13,857 A
Isc min Bus 278	: 0.332 KA
Isc max Bus 278	: 0.522 KA

#### ❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 13,857 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 13,857$$

$$14,549 \leq \text{Iset} \leq 19,399$$

$$\text{Iset} : 16 \text{ A}$$

$$\frac{14,549}{50} \text{ In} \leq \text{Tap} \leq \frac{19,399}{50} \text{ In}$$

$$0.29 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 0.387 \text{ In}$$

$$\text{Tap } 0.35 \text{ In}$$

#### ❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.1 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.1 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 278}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.1 \times \left[ \left( \frac{522}{0.35 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.05 detik dipilih 0.1 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

1.6 FLA  $\leq I_{>>} \leq 0.8$  Isc min bus 278

1.6. 13,857  $\leq I_{>>} \leq 0.8$  332

22.1712  $\leq I_{>>} \leq 265.6$

$I_{>>} = 25$  A

$\frac{22.1712}{50} In \leq Tap \leq \frac{265.6}{50} In$

0.44 In  $\leq Tap \leq 5.312$  In

Tap yang dipilih 1 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.1 detik

❖ **CB Caruban**

Manufacture : Merlin Gerlin Sepam 40

Model : MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type : IEC Standard Inverse

Ratio : 50 : 5

FLA : 32,333 A

Isc min Bus 140 : 0.374 KA

Isc max Bus 140 : 0.614 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 32,333 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 32,333$$

$$33.949 \leq I_{set} \leq 45.266$$

$$I_{set} : 35 \text{ A}$$

$$\frac{33.949}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{45.266}{50} I_n$$

$$0.67 I_n \leq \text{Tap} \leq 0.91 I_n$$

$$\text{Tap } 0.8 I_n$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.3 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.3 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 140}}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.3 \times \left[ \left( \frac{614}{0.8 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0.121 \text{ detik}$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 140}$$

$$1.6 \cdot 32,333 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 527$$

$$51.733 \leq I_{>>} \leq 412.6$$

$$I_{>>} = 80 \text{ A}$$

$$\frac{51.733}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{412.6}{50} I_n$$

$$1.04 I_n \leq \text{Tap} \leq 8.252 I_n$$

Tap yang dipilih 3 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.3 detik

❖ **CB DG ( Incoming 20 KV Distributed Generator Unit -**

**Tanglad**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 50 : 5
FLA	: 52,252 A
Isc min Bus 49	: 0.406 KA
Isc max Bus 49	: 0.691 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 52,252 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 52,252$$

$$54.865 \leq \text{Iset} \leq 73.153$$

$$\text{Iset} : 60 \text{ A}$$

$$\frac{54.865}{50} \text{In} \leq \text{Tap} \leq \frac{73.153}{50} \text{In}$$

$$0.55 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 0.73 \text{ In}$$

$$\text{Tap } 0.65 \text{ In}$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 49}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{691}{0.65 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = 0.23 \text{ detik}$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus49}$$

$$1.6 \cdot 52,252 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 406$$

$$83.6 \leq I_{>>} \leq 324.8$$

$$I_{>>} = 100\text{A}$$

$$\frac{83.6}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{324.8}{50} I_n$$

$$1.67 I_n \leq \text{Tap} \leq 6.5 I_n$$

Tap 3 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.5 detik

❖ **CB Wind Turbine ( Incoming 20 KV Distributed Generator Unit - Tanglad )**

Manufacture : Merlin Gerlin Sepam 40

Model : MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type : IEC Standard Inverse

Ratio : 50 : 5

FLA : 57.74 A

Isc min Bus 53 : 0.406 KA

Isc max Bus 53 : 0.691 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 57.74 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 57.74$$

$$60.627 \leq I_{set} \leq 80.836$$

Iset : 70 A

$$\frac{60.627}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{80.836}{50} I_n$$

$$1.21 I_n \leq \text{Tap} \leq 1.62 I_n$$

Tap 1.4 In

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.7 detik

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.7 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 53}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.7 \times \left[ \left( \frac{691}{1.4 \times 50} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.234 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

1.6 FLA ≤ I>> ≤ 0.8 Isc min bus 53

1.6. 57.74 ≤ I>> ≤ 0.8 406

92.384 ≤ I>> ≤ 324,8

I>> = 100 A

$\frac{92.384}{50} In \leq Tap \leq \frac{324,8}{50} In$

1,85 In ≤ Tap ≤ 6,49 In

Tap 3 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.7 detik

❖ **CB PV( Incoming 20 KV Distributed Generator Unit - Tanglad )**

Manufacture : Merlin Gerlin Sepam 40

Model : MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type : IEC Standard Inverse

Ratio : 50 : 5

FLA : 2.887 A

Isc min Bus 57 : 0.406 KA

Isc max Bus 57 : 0.691 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

1.05 FLA ≤ Iset ≤ 1.4 FLA

1.05 . 2.887 ≤ Iset ≤ 1.4. 2.887



$$3,03 \leq I_{set} \leq 4,04$$

$$I_{set} : 3,5 \text{ A}$$

$$\frac{3,03}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{4,04}{50} I_n$$

$$0,061 I_n \leq \text{Tap} \leq 0,081 I_n$$

$$\text{Tap } 0,07 I_n$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.7 detik

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$T_d = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$T_d = \frac{0,7 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 57}}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0,14}$$

$$T_d = \frac{0,7 \times \left[ \left( \frac{691}{0,07 \times 50} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$T_d = 0,557 \text{ detik}$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1,6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0,8 \text{ Isc min bus } 13$$

$$1,6 \cdot 2,887 \leq I_{>>} \leq 0,8 \cdot 406$$

$$4,619 \leq I_{>>} \leq 324,8$$

$$I_{>>} = 10 \text{ A}$$

$$\frac{4,619}{50} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{324,8}{50} I_n$$

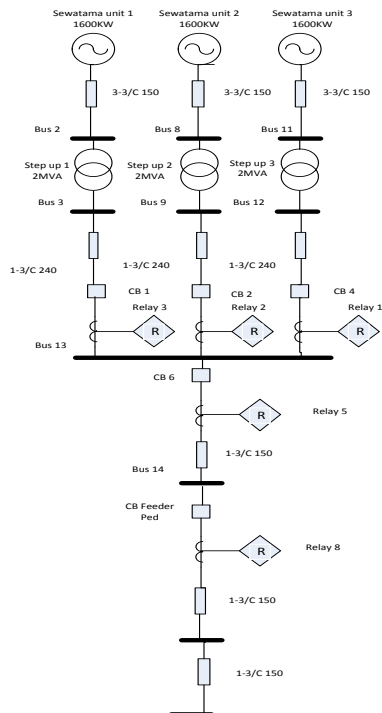
$$0,092 I_n \leq \text{Tap} \leq 6,49 I_n$$

$$\text{Tap } 3 I_n$$

**Time Delay**

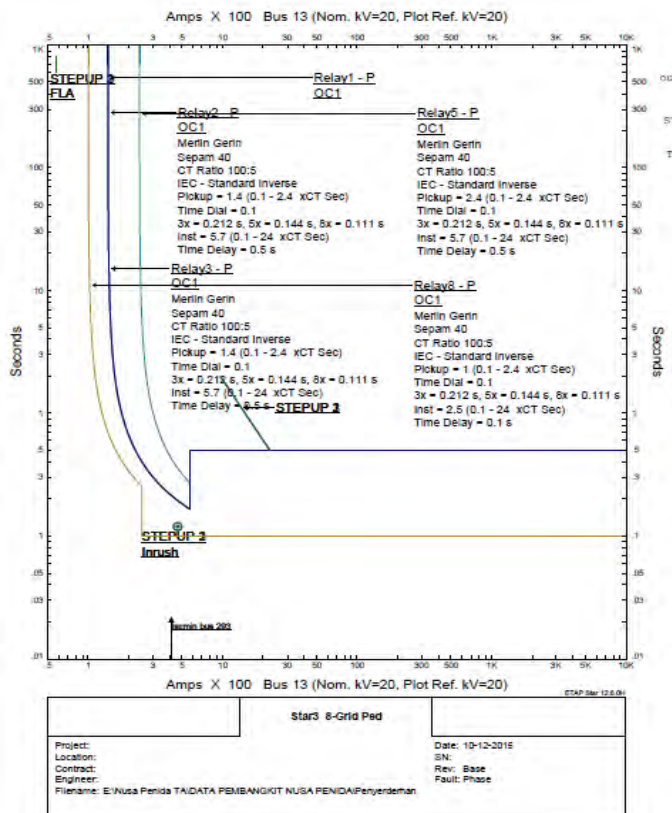
Time delay dipilih 0.7 detik

### 4.4.3 Koordinasi Rele arus lebih Tipikal III



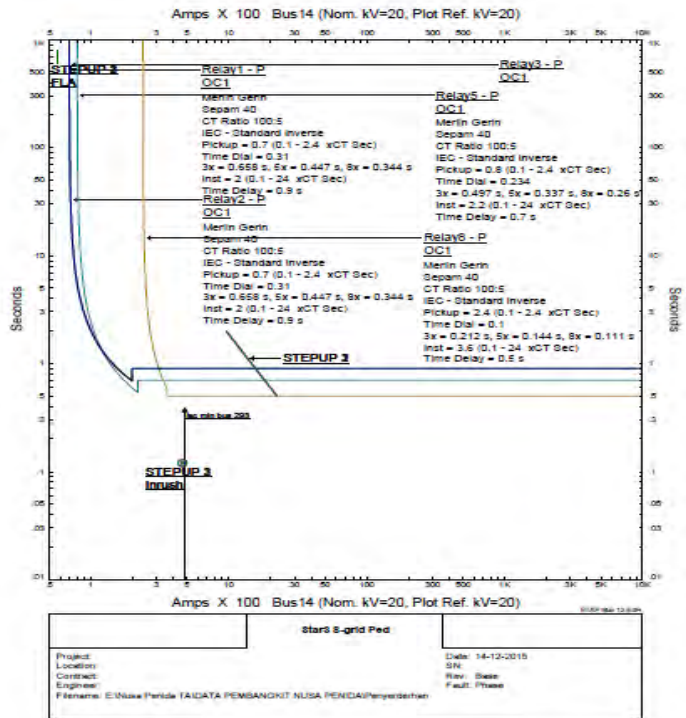
### 4.21 Koordinasi Rele Tipikal IIIa

Untuk mempermudah pembacaan kurva Eksisting pada *time current curve*, maka tipikal 3 yang dikoordinasikan adalah rele R-CB Feeder Ped , rele R-CB 6, rele R-CB 1,2,4. Gambar 4.22 berikut adalah *time current curve* dari tipikal III



#### 4.22 Hasil Plot Eksisting Rele Gangguan Fasa Tipikal IIIa

## ❖ Koordinasi Rele arus lebih Tipikal IIIa



### 4.23 Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal IIIa

Pada gambar TCC diatas apabila terjadi hubung singkat minimum Di bus 293 sebesar 0,482 kA, maka rele R-CB Feeder ped akan bekerja terlebih dahulu pada waktu 0,5 detik. Dan apabila rele R-CB Feeder ped gagal bekerja, maka rele R-CB 6 akan bekerja pada waktu 0,7 detik. apabila rele R-CB 6 gagal bekerja, maka rele R-CB 1,2,4 akan bekerja pada waktu 0,9 detik Hal tersebut sangat tidak diperkenankan karena menurut standar IEEE 242 untuk perbedaan waktu minimum rele digital berbasis mikroprosesor antara 0,2 – 0,3 detik.

Dari analisis kurva *Resetting* dapat diketahui bahwa *setting* rele masih perlu disempurnakan agar bisa didapatkan koordinasi rele pengaman yang tepat. Perhitungan harus memperhatikan manufaktur rele yang dipakai dan *grading time* harus sesuai dengan standart IEEE 242. Perhitungan ulang *setting* rele tersebut adalah sebagai berikut

❖ **CB Feeder Ped**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 100 : 5
FLA	: 215.91 A
Isc min Bus 14	: 0.487 KA
Isc max Bus 14	: 0.734 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 215.91 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 215.91$$

$$226,71 \leq I_{set} \leq 302,274$$

$$I_{set} : 250 \text{ A}$$

$$\frac{226,71}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{302,274}{100} I_n$$

$$2.26 I_n \leq \text{Tap} \leq 3.02 I_n$$

$$\text{Tap } 2.5 I_n$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 14}}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{734}{2.5 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$T_d = 0.077$  detik dipilih 0.1 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 314}$

$1.6 \cdot 215.91 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 487$

$345,456 \leq I_{>>} \leq 389,6$

$I_{>>} = 320 \text{ A}$

$\frac{345,456}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{389,6}{100} I_n$

$3.45 I_n \leq \text{Tap} \leq 3.89 I_n$

Tap 3.6  $I_n$

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.5 detik

❖ **CB 6 ( Incoming 20 KV SEWATAMA Unit )**

Manufacture : Merlin Gerlin Sepam 40

Model : MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type : IEC Standard Inverse

Ratio : 100 : 5

FLA : 60.1 A

Isc min Bus 13 : 0.488 KA

Isc max Bus 13 : 0.735 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$

$1.05 \cdot 60.1 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 60.1$

$63.105 \leq I_{set} \leq 84.14$

$I_{set} : 80 \text{ A}$

$\frac{63.105}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{84.14}{100} I_n$

$0.63 I_n \leq \text{Tap} \leq 0.84 I_n$

Tap 0.75  $I_n$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.7 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.7 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 13}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.7 \times \left[ \left( \frac{735}{0.75 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.234 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

1.6 FLA ≤ I>> ≤ 0.8 Isc min bus 13

1.6. 60.1 ≤ I>> ≤ 0.8 488

96.16 ≤ I>> ≤ 390.4

I>> = 320 A

$\frac{96.16}{100} In \leq Tap \leq \frac{390.4}{100} In$

0.96 In ≤ Tap ≤ 3.9 In

Tap 3 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.7 detik

❖ **CB 1,3,4 ( Incoming 20 KV SEWATAMA Unit )**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 100 : 5
FLA	: 57.74 A
Isc min Bus 3,9,12	: 0.488 KA
Isc max Bus 3,9,12	: 0.735 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 57.74 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 57.74$$

$$60.627 \leq I_{set} \leq 80.836$$

$$I_{set} : 70 \text{ A}$$

$$\frac{60.627}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{80.836}{100} I_n$$

$$0.61 I_n \leq \text{Tap} \leq 0.81 I_n$$

$$\text{Tap } 0.7 I_n$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.9 detik

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$T_d = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$T_d = \frac{0.9 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 3,9,12}}{\text{Tap} \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$T_d = \frac{0.9 \times \left[ \left( \frac{735}{0.7 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$T_d = 0.31 \text{ detik}$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 13}$$

$$1.6 \cdot 57.74 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 488$$

$$92.384 \leq I_{>>} \leq 390.4$$

$$I_{>>} = 100 \text{ A}$$

$$\frac{92.384}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{390.4}{100} I_n$$

$$0.92 I_n \leq \text{Tap} \leq 3.9 I_n$$

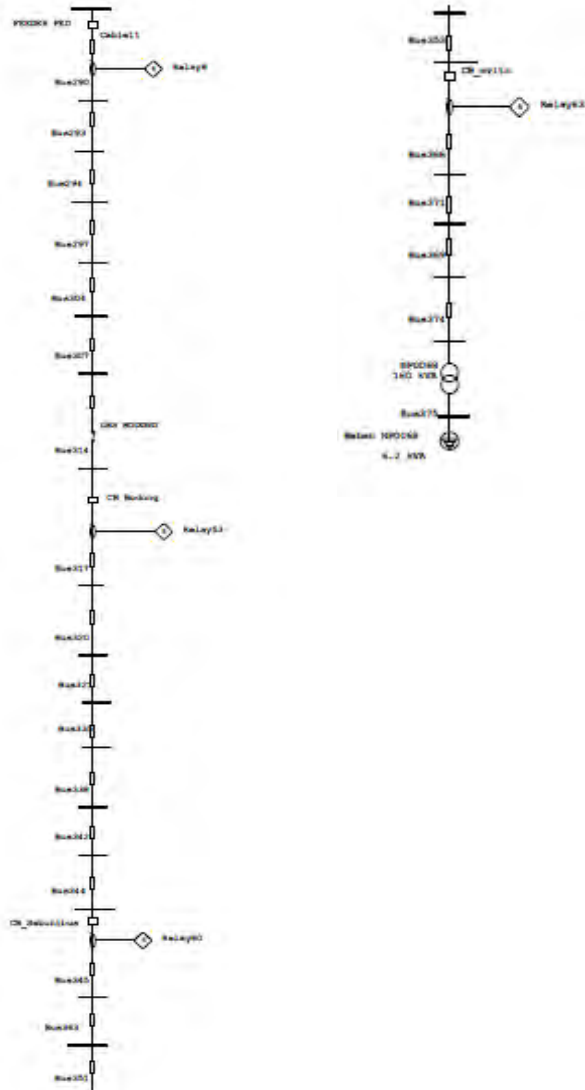
$$\text{Tap } 3 I_n$$

**Time Delay**

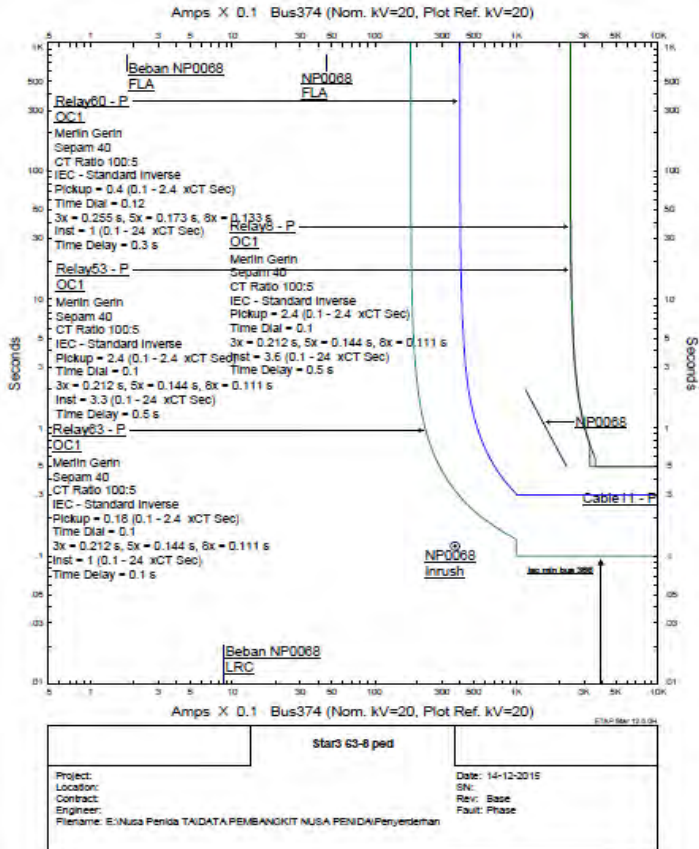
Time delay dipilih 0.9 detik



## ❖ Koordinasi Rele arus lebih Tipikal IIIb



Untuk mempermudah pembacaan kurva Resetting pada *time current curve*, maka tipikal 2 yang dikoordinasikan adalah rele R-CB Mvitic , rele R-CB Seibunibus, rele R-CB Bodong, R-CBFeeder Ped. Gambar 4.25 berikut adalah *time current curve* dari tipikal IIIB



#### 4.25 Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal IIIB

Pada gambar TCC diatas apabila terjadi hubung singkat minimum Di bus 366 sebesar 0,393 kA, maka rele R-CB Mvitic akan bekerja terlebih dahulu pada waktu 0,1 detik. Dan apabila rele R-CB

Mvitic gagal bekerja, maka rele R-CB Sebungkus akan bekerja pada waktu 0,3 detik. apabila rele R-CB Sebungkus gagal bekerja, maka rele R-CB Bodong akan bekerja pada waktu 0,5 detik Dan apabila rele R-CB Bodong gagal bekerja, maka rele R-CB Feeder Ped akan bekerja pada waktu 0,5 detik Hal tersebut sangat tidak diperkenankan karena menurut standar IEEE 242 untuk perbedaan waktu minimum rele digital berbasis mikroprosesor antara 0,2 – 0,3 detik.

Dari analisis kurva *Resetting* dapat diketahui bahwa *setting* rele masih perlu disempurnakan agar bisa didapatkan koordinasi rele pengaman yang tepat. Perhitungan harus memperhatikan manufaktur rele yang dipakai dan *grading time* harus sesuai dengan standart IEEE 242. Perhitungan ulang *setting* rele tersebut adalah sebagai berikut

➤ **FEEDER PED**

❖ **CB MVITC**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 100 : 5
FLA	: 13.857 A
Isc min Bus 353	: 0.397 KA
Isc max Bus 353	: 0.577 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$\begin{aligned}
 1.05 \text{ FLA} &\leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA} \\
 1.05 \cdot 13.857 &\leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 13.857 \\
 14.55 &\leq I_{set} \leq 19.399 \\
 I_{set} &: 16 \text{ A} \\
 \frac{14.55}{100} I_n &\leq \text{Tap} \leq \frac{19.399}{100} I_n \\
 0.15 I_n &\leq \text{Tap} \leq 0.19 I_n \\
 \text{Tap } 0.18 I_n
 \end{aligned}$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.1 detik

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.1 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 353}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.1 \times \left[ \left( \frac{577}{0.18 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.05 detik dipilih 0.1 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

1.6 FLA ≤ I>> ≤ 0.8 Isc min bus 353

1.6. 13.857 ≤ I>> ≤ 0.8 397

22,1712 ≤ I>> ≤ 317.6

I>> = 50 A

$\frac{22,1712}{100} In \leq Tap \leq \frac{317.6}{100} In$

0.22 In ≤ Tap ≤ 3.17 In

Tap yang dipilih 1 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.1 detik

❖ **CB Sebunibus**

Manufacture : Merlin Gerlin Sepam 40

Model : MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type : IEC Standard Inverse

Ratio : 100 : 5

FLA : 32.333 A

Isc min Bus 344 : 0.412 KA

Isc max Bus 344 : 0.604 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

1.05 FLA ≤ Iset ≤ 1.4 FLA

1.05 . 32.333 ≤ Iset ≤ 1.4. 32.333

33.949 ≤ Iset ≤ 45.266

Iset : 35 A

$$\frac{33.949}{100} In \leq \text{Tap} \leq \frac{45.266}{100} In$$

$$0.33 In \leq \text{Tap} \leq 0.45 In$$

Tap 0.4 In

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.3 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.3 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 344}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.3 \times \left[ \left( \frac{604}{0.4 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.12 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

1.6 FLA  $\leq I_{>>} \leq 0.8$  Isc min bus 344

1.6. 32.333  $\leq I_{>>} \leq 0.8$  412

51.732  $\leq I_{>>} \leq 329.6$

$I_{>>} = 60A$

$$\frac{51.732}{100} In \leq \text{Tap} \leq \frac{329.6}{100} In$$

0.51 In  $\leq \text{Tap} \leq 3.29$  In

Tap yang dipilih 1 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.3 detik

❖ **CB Bodong**

Manufacture : Merlin Gerlin Sepam 40

Model : MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type : IEC Standard Inverse

Ratio	: 100 : 5
FLA	: 193.998 A
Isc min Bus 314	: 0.457 KA
Isc max Bus 314	: 0.682 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 193.998 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 193.998$$

$$203.69 \leq I_{set} \leq 271.597$$

$$I_{set} : 210 \text{ A}$$

$$\frac{203.69}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{271.597}{100} I_n$$

$$2.03 I_n \leq \text{Tap} \leq 2.71 I_n$$

$$\text{Tap } 2.5 I_n$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 314}}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{682}{2.5 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.072 detik dipilih 0.1 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 314}$$

$$1.6 \cdot 193.998 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 457$$

$$310,396 \leq I_{>>} \leq 365,6$$

$$I_{>>} = 320 \text{ A}$$

$$\frac{310,396}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{365,6}{100} I_n$$

$$3.1 I_n \leq \text{Tap} \leq 3.65 I_n$$

Tap 3.3 In

### **Time Delay**

Time delay dipilih 0.5 detik

#### ❖ **CB Feeder Ped**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 100 : 5
FLA	: 215.91 A
Isc min Bus 14	: 0.487 KA
Isc max Bus 14	: 0.734 KA

#### ❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 215.91 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 215.91$$

$$226,71 \leq \text{Iset} \leq 302,274$$

Iset : 250 A

$$\frac{226,71}{100} \text{ In} \leq \text{Tap} \leq \frac{302,274}{100} \text{ In}$$

$$2.26 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 3.02 \text{ In}$$

Tap 2.5 In

#### ❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 14}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{734}{2.5 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$T_d = 0.077$  detik dipilih 0.1 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 314}$$

$$1.6 \cdot 215.91 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 487$$

$$345,456 \leq I_{>>} \leq 389,6$$

$$I_{>>} = 320 \text{ A}$$

$$\frac{345,456}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{389,6}{100} I_n$$

$$3.45 I_n \leq \text{Tap} \leq 3.89 I_n$$

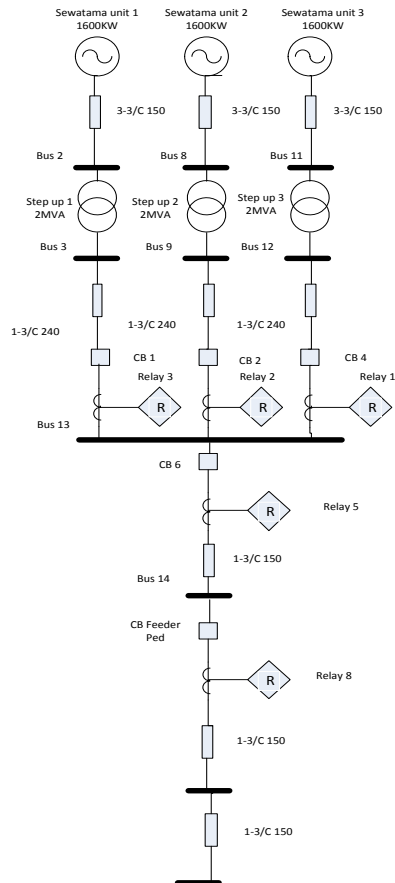
Tap 3.6  $I_n$

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.5 detik

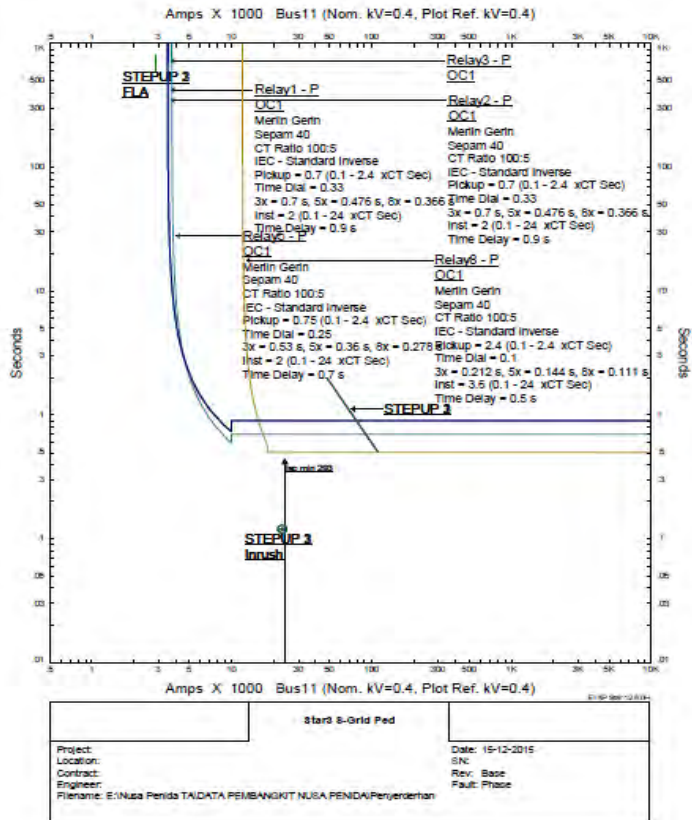


❖ **Koordinasi Rele arus lebih Tipikal IIIa dengan DG**



#### 4.26 Koordinasi Rele Tipikal IIIa

Untuk mempermudah pembacaan kurva Resetting pada *time current curve*, maka tipikal III yang dikoordinasikan adalah rele R-CB Feeder Ped , rele R-CB 6, rele R-CB 1,2,4 Gambar 4.27 berikut adalah *time current curve* dari tipikal IIIa



**4.27 Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa  
Tipikal IIIa**

Pada gambar TCC diatas apabila terjadi hubung singkat minimum Di bus 366 sebesar 0,393 kA, maka rele R-CB Feeder ped akan bekerja terlebih dahulu pada waktu 0,5 detik. Dan apabila rele R-CB Feeder Ped gagal bekerja, maka rele R-CB 6 akan bekerja pada waktu 0,7 detik. apabila rele R-CB 6 gagal bekerja, maka rele R-CB 1,2,4 akan bekerja pada waktu 0,9 detik Hal tersebut sangat tidak diperkenankan karena menurut standar IEEE 242 untuk perbedaan

waktu minimum rele digital berbasis mikroprosesor antara 0,2 – 0,3 detik.

Dari analisis kurva *Resetting* dapat diketahui bahwa *setting* rele masih perlu disempurnakan agar bisa didapatkan koordinasi rele pengaman yang tepat. Perhitungan harus memperhatikan manufaktur rele yang dipakai dan *grading time* harus sesuai dengan standart IEEE 242. Perhitungan ulang *setting* rele tersebut adalah sebagai berikut

❖ **CB Feeder Ped**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 100 : 5
FLA	: 215.91 A
Isc min Bus 14	: 0.487 KA
Isc max Bus 14	: 0.84 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 215.91 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 215.91$$

$$226,71 \leq I_{set} \leq 302,274$$

$$I_{set} : 250 \text{ A}$$

$$\frac{226,71}{100} In \leq \text{Tap} \leq \frac{302,274}{100} In$$

$$2.26 In \leq \text{Tap} \leq 3.02 In$$

$$\text{Tap } 2.5 In$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{I_{sc \max bus 14}}{Tap \times CT Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{340}{2.5 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.088 detik dipilih 0.1 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

1.6 FLA  $\leq I_{>>} \leq 0.8$  Isc min bus 314

1.6. 215.91  $\leq I_{>>} \leq 0.8$  487

345,456  $\leq I_{>>} \leq 389,6$

$I_{>>} = 320$  A

$\frac{345,456}{100} In \leq \text{Tap} \leq \frac{389,6}{100} In$

3.45 In  $\leq \text{Tap} \leq 3.89$  In

Tap 3.6 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.5 detik

❖ **CB 6 ( Incoming 20 KV SEWATAMA Unit )**

Manufacture : Merlin Gerlin Sepam 40

Model : MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type : IEC Standard Inverse

Ratio : 100 : 5

FLA : 60.1 A

Isc min Bus 13 : 0.488 KA

Isc max Bus 13 : 0.84 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

1.05 FLA  $\leq I_{set} \leq 1.4$  FLA

1.05 . 60.1  $\leq I_{set} \leq 1.4$ . 60.1

63.105  $\leq I_{set} \leq 84.14$

Iset : 80 A

$\frac{63.105}{100} In \leq \text{Tap} \leq \frac{84.14}{100} In$

0.63 In  $\leq \text{Tap} \leq 0.84$  In

Tap 0.75 In

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.7 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.7 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 13}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.7 \times \left[ \left( \frac{840}{0.75 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.25 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

1.6 FLA ≤ I>> ≤ 0.8 Isc min bus 13

1.6. 60.1 ≤ I>> ≤ 0.8 488

96.16 ≤ I>> ≤ 390.4

I>> = 320 A

$\frac{96.16}{100} In \leq Tap \leq \frac{390.4}{100} In$

0.96 In ≤ Tap ≤ 3.9 In

Tap 3 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.7 detik

❖ **CB 1,3,4 ( Incoming 20 KV SEWATAMA Unit )**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 100 : 5
FLA	: 57.74 A
Isc min Bus 3,9,12	: 0.488 KA
Isc max Bus 3,9,12	: 0.84 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 57.74 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 57.74$$

$$60.627 \leq I_{set} \leq 80.836$$

$$I_{set} : 70 \text{ A}$$

$$\frac{60.627}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{80.836}{100} I_n$$

$$0.61 I_n \leq \text{Tap} \leq 0.81 I_n$$

$$\text{Tap } 0.7 I_n$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.9 detik

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$T_d = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$T_d = \frac{0.9 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 3,9,12}}{\text{Tap} \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$T_d = \frac{0.9 \times \left[ \left( \frac{840}{0.7 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$T_d = 0.33 \text{ detik}$$

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 13}$$

$$1.6 \cdot 57.74 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 488$$

$$92.384 \leq I_{>>} \leq 390.4$$

$$I_{>>} = 100 \text{ A}$$

$$\frac{92.384}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{390.4}{100} I_n$$

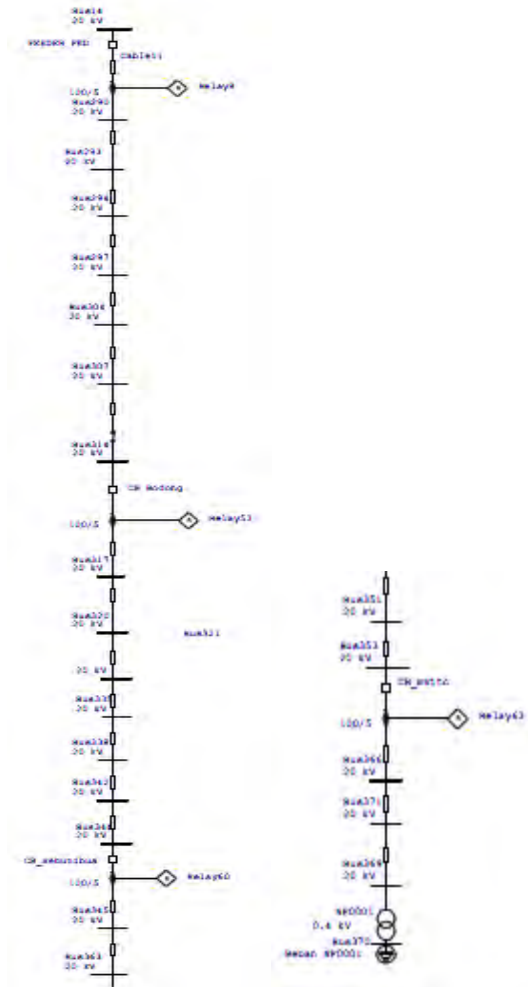
$$0.92 I_n \leq \text{Tap} \leq 3.9 I_n$$

$$\text{Tap } 3 I_n$$

**Time Delay**

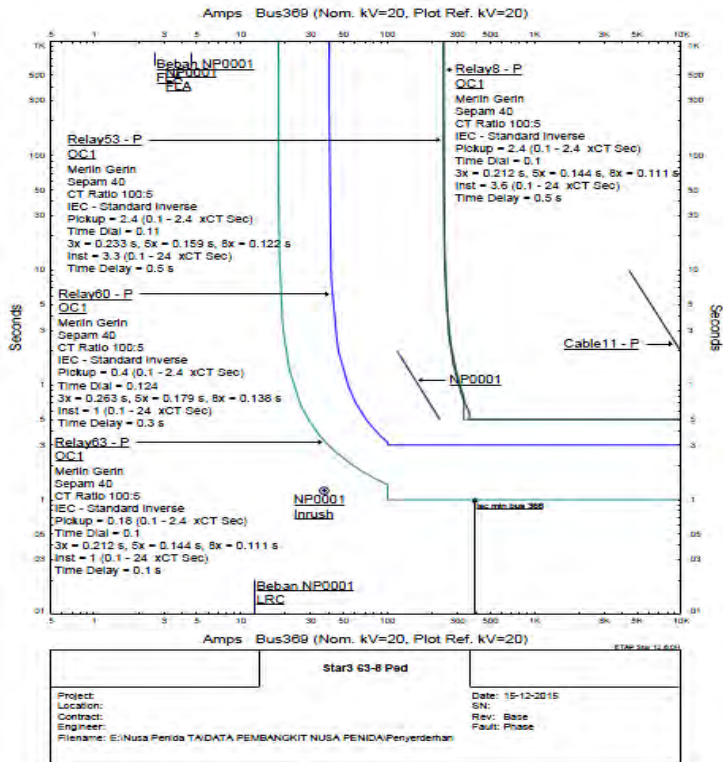
Time delay dipilih 0.9 detik

❖ **Koordinasi Rele arus lebih Tipikal IIIb dengan DG**



**4.28 Koordinasi Rele Tipikal IIIb**

Untuk mempermudah pembacaan kurva Resetting pada *time current curve*, maka tipikal III yang dikoordinasikan adalah rele R-CB Mvitic , rele R-CB Sebunibus, rele R-CB Bodong R-CB Feeder Ped. Gambar 4.20 berikut adalah *time current curve* dari tipikal IIIb



**4.29 Hasil Plot Resetting Rele Gangguan Fasa Tipikal IIIb**

Pada gambar TCC diatas apabila terjadi hubung singkat minimum Di bus 366 sebesar 0,393 kA, maka rele R-CB Mvitic akan bekerja terlebih dahulu pada waktu 0,1 detik. Dan apabila rele R-CB Mvitic gagal bekerja, maka rele R-CB Sebunibus akan bekerja



pada waktu 0,3 detik. apabila rele R-CB Sebungkus gagal bekerja, maka rele R-CB Bodong akan bekerja pada waktu 0,5 detik Dan apabila rele R-CB Bodong gagal bekerja, maka rele R-CB Feeder Ped akan bekerja pada waktu 0,5 detik Hal tersebut sangat tidak diperkenankan karena menurut standar IEEE 242 untuk perbedaan waktu minimum rele digital berbasis mikroprosesor antara 0,2 – 0,3 detik.

Dari analisis kurva *Resetting* dapat diketahui bahwa *setting* rele masih perlu disempurnakan agar bisa didapatkan koordinasi rele pengaman yang tepat. Perhitungan harus memperhatikan manufaktur rele yang dipakai dan *grading time* harus sesuai dengan standart IEEE 242. Perhitungan ulang *setting* rele tersebut adalah sebagai berikut

➤ **FEEDER PED**

❖ **CB MVITC**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 100 : 5
FLA	: 13.857 A
Isc min Bus 353	: 0.397 KA
Isc max Bus 353	: 0.638 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$\begin{aligned}
 1.05 \text{ FLA} &\leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA} \\
 1.05 \cdot 13.857 &\leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 13.857 \\
 14.55 &\leq I_{set} \leq 19.399 \\
 I_{set} &: 16 \text{ A} \\
 \frac{14.55}{100} I_n &\leq \text{Tap} \leq \frac{19.399}{100} I_n \\
 0.15 I_n &\leq \text{Tap} \leq 0.19 I_n \\
 \text{Tap } &0.18 I_n
 \end{aligned}$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.1 detik

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.1 \times \left[ \left( \frac{Isc\ max\ bus\ 353}{Tap \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.1 \times \left[ \left( \frac{638}{0.18 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.053 detik dipilih 0.1 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

1.6 FLA ≤ I>> ≤ 0.8 Isc min bus 353

1.6. 13.857 ≤ I>> ≤ 0.8 397

22,1712 ≤ I>> ≤ 317.6

I>> = 50 A

$\frac{22,1712}{100} In \leq Tap \leq \frac{317.6}{100} In$

0.22 In ≤ Tap ≤ 3.17 In

Tap yang dipilih 1 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.1 detik

❖ **CB Sebunibus**

Manufacture : Merlin Gerlin Sepam 40

Model : MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type : IEC Standard Inverse

Ratio : 100 : 5

FLA : 32.333 A

Isc min Bus 344 : 0.412 KA

Isc max Bus 344 : 0.672 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

1.05 FLA ≤ Iset ≤ 1.4 FLA

1.05 . 32.333 ≤ Iset ≤ 1.4. 32.333

33.949 ≤ Iset ≤ 45.266

Iset : 35 A

$$\frac{33.949}{100} In \leq \text{Tap} \leq \frac{45.266}{100} In$$

$$0.33 In \leq \text{Tap} \leq 0.45 In$$

Tap 0.4 In

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.3 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.3 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 344}}{I_{Tap \times CT\ Primary}} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.3 \times \left[ \left( \frac{672}{0.4 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.124 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

1.6 FLA  $\leq I_{>>} \leq$  0.8 Isc min bus 344

1.6. 32.333  $\leq I_{>>} \leq$  0.8 412

51.732  $\leq I_{>>} \leq$  329.6

$I_{>>} =$  60A

$$\frac{51.732}{100} In \leq \text{Tap} \leq \frac{329.6}{100} In$$

0.51 In  $\leq$  Tap  $\leq$  3.29 In

Tap yang dipilih 1 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.3 detik

❖ **CB Bodong**

Manufacture

: Merlin Gerlin Sepam 40

Model

: MC set SF<sub>2</sub>

Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 100 : 5
FLA	: 193.998 A
Isc min Bus 314	: 0.457 KA
Isc max Bus 314	: 0.772 KA

❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 193.998 \leq I_{set} \leq 1.4 \cdot 193.998$$

$$203.69 \leq I_{set} \leq 271.597$$

$$I_{set} : 210 \text{ A}$$

$$\frac{203.69}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{271.597}{100} I_n$$

$$2.03 I_n \leq \text{Tap} \leq 2.71 I_n$$

$$\text{Tap } 2.5 I_n$$

❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick\ up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{I_{sc\ max\ bus\ 70}}{\text{Tap} \times CT\ Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{772}{2.5 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.082 detik dipilih 0.1 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 314}$$

$$1.6 \cdot 193.998 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 457$$

$$310,396 \leq I_{>>} \leq 365,6$$

$$I_{>>} = 320 \text{ A}$$

$$\frac{310,396}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{365,6}{100} I_n$$

$$3.1 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 3.65 \text{ In}$$

Tap 3.3 In

### **Time Delay**

Time delay dipilih 0.5 detik

#### ❖ **CB Feeder Ped**

Manufacture	: Merlin Gerlin Sepam 40
Model	: MC set SF <sub>2</sub>
Curve Type	: IEC Standard Inverse
Ratio	: 100 : 5
FLA	: 215.91 A
Isc min Bus 14	: 0.487 KA
Isc max Bus 14	: 0.84 KA

#### ❖ **Time Overcurrent pick up**

$$1.05 \text{ FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \text{ FLA}$$

$$1.05 \cdot 215.91 \leq \text{Iset} \leq 1.4 \cdot 215.91$$

$$226,71 \leq \text{Iset} \leq 302,274$$

Iset : 250 A

$$\frac{226,71}{100} \text{ In} \leq \text{Tap} \leq \frac{302,274}{100} \text{ In}$$

$$2.26 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 3.02 \text{ In}$$

Tap 2.5 In

#### ❖ **Time Dial**

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 detik

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick up}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

$$Td = \frac{t \times \beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{pick up}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{Isc \max bus 14}{Tap \times CT Primary} \right)^\alpha - 1 \right]}{0.14}$$

$$Td = \frac{0.5 \times \left[ \left( \frac{340}{2.5 \times 100} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

Td = 0.088 detik dipilih 0.1 detik

❖ **Instantaneous Pick up**

$$1.6 \text{ FLA} \leq I_{>>} \leq 0.8 \text{ Isc min bus 314}$$

$$1.6 \cdot 215.91 \leq I_{>>} \leq 0.8 \cdot 487$$

$$345,456 \leq I_{>>} \leq 389,6$$

$$I_{>>} = 320 \text{ A}$$

$$\frac{345,456}{100} I_n \leq \text{Tap} \leq \frac{389,6}{100} I_n$$

$$3.45 I_n \leq \text{Tap} \leq 3.89 I_n$$

Tap 3.6 In

**Time Delay**

Time delay dipilih 0.5 detik

***Halaman sengaja Di Kosongkan***

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa penggunaan) pada sistem pengaman pada PT PLN Nusa Penida - Bali, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada Tugas Akhir ini DG yang digunakan adalah Wind Turbine dan PV , DG difungsikan sebagai Pembangkit dengan energy terbarukan dengan kapasitas sebesar 755 kw.
2. Waktu yang dibutuhkan Rele pengaman dari saluran terpanjang beban terbesar dari 3 beban penyulang yaitu karangsari,Tanglad dan Ped adalah 0.1 , 0.3 , 0.5 , 0.7 dan 0.9
3. Pada TCC untuk tipikal 1a dan 1b,2a dan 2b,3a dan 3b , apabila terjadi hubung singkat minimum pada bus tiap penyulang maka rele akan *trip* pada 0,1 detik dan apabila gagal maka rele berikutnya akan bekerja terlebih dahulu dibandingkan dengan rele 1,2,3. Hal ini tidak diperbolehkan karena time tidak sesuai dengan standar IEEE 242 untuk perbedaan waktu minimum rele digital berbasis mikroprosesor antara 0,2 – 0,3 detik
4. Pada saat DG terkoneksi dengan jaringan maka arus hubung singkat maksimal akan meningkat jika dibandingkan sebelum terkoneksi dengan DG, maka DG menginjeksi daya murni sehingga daya reaktifnya pada jaringan relative turun dikarenakan beban pada jaringan PLN Nusa Penida Bali adalah static
5. Penempatan Rele pengaman berdasarkan daerah pembagian pada penyulang maka dilakukan sectionalizing pada jaringan untuk menempatkan pengaman sesuai dengan daerah dan kapasitas beban
6. Rele yang digunakan dalam jaringan distribusi adalah Overcurrent relay dengan spesifikasi Merlin Gerlin sepam s40 dengan model MCset SF2



## **5.2. Saran**

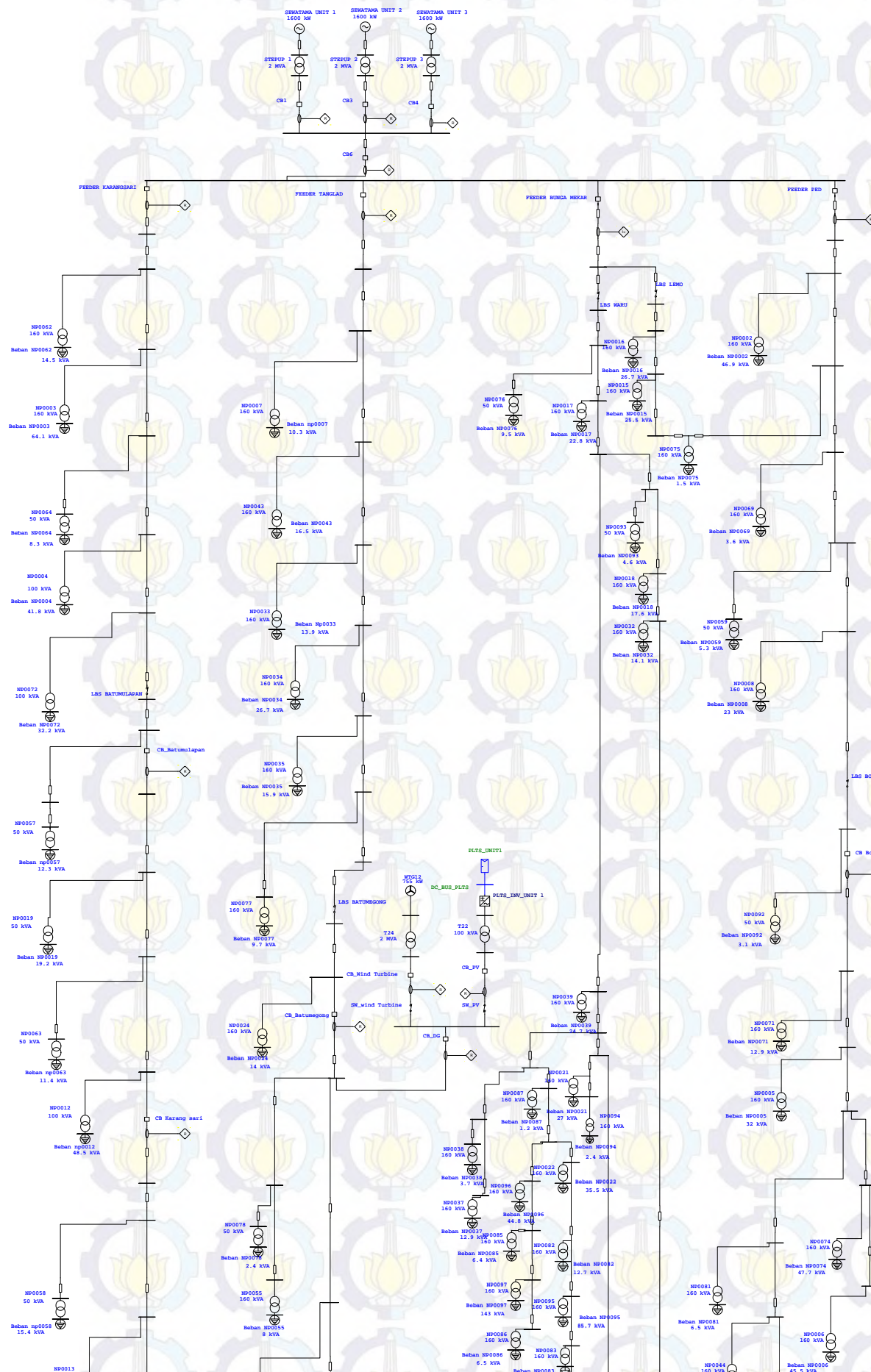
Dengan mempertimbangkan hasil studi yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, ada beberapa saran yang dapat menjadi masukan kedepannya, maka diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk menentukan setting pengaman perlu diperhitungkan sesuai sectionalizing ataupun daerah agar ketika terjadi pemadaman, daerah di nusa penida tidak akan padam dalam satu penyulang.
2. Diharapkan studi ini dapat dikembangkan dengan menggunakan software lain dan dengan metode lain agar didapat hasil yang lebih baik.
3. Diperlukan rele arah dan jarak untuk mengamankan pada zona daerah pengaman per daerah.

## DAFTAR PUSTAKA

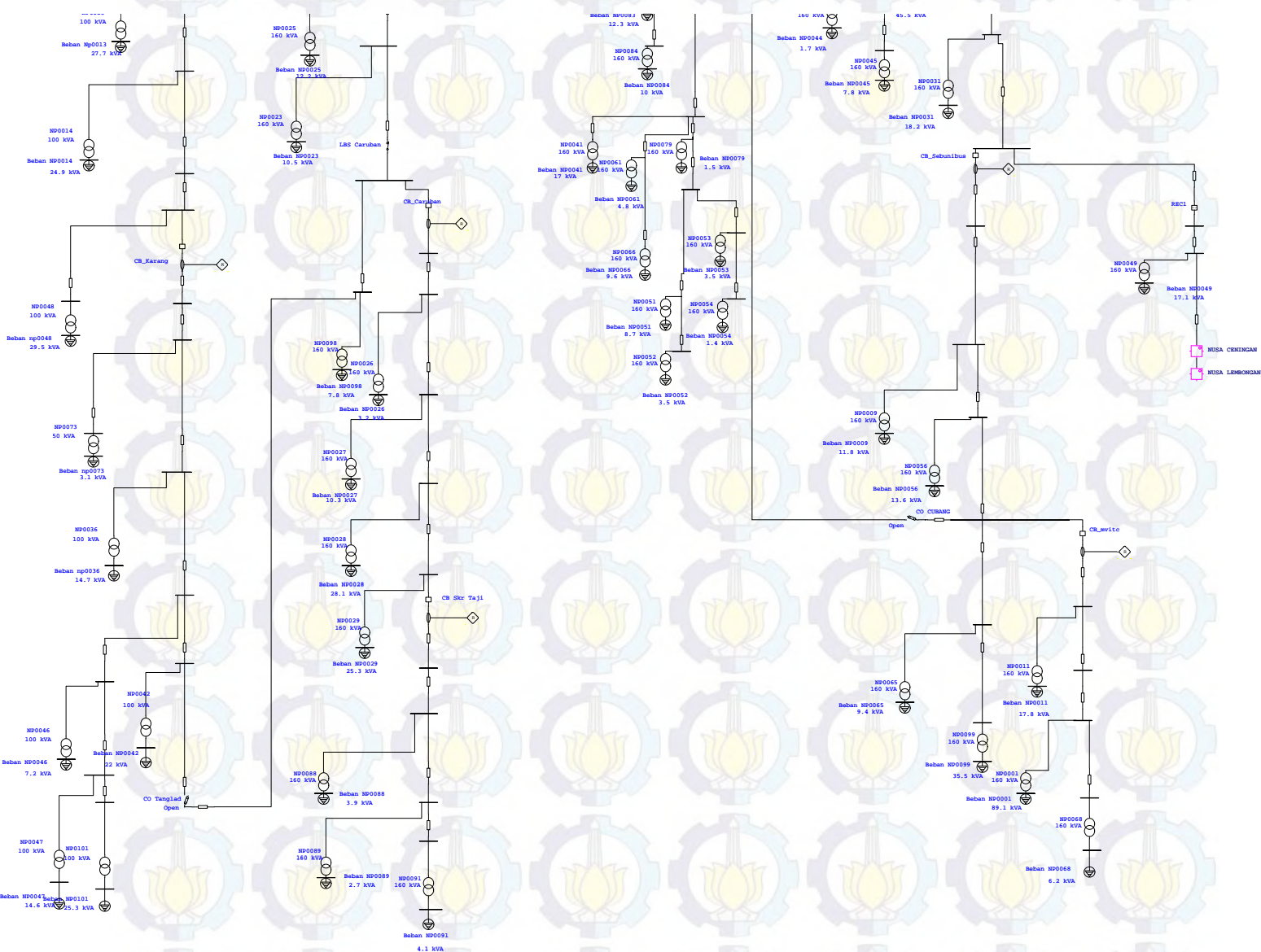
- [1] IEEE Std. 1584-2002., *"IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculation"*, by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2002.
- [2] Wahyudi, *"Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik"*, Teknik Elektro ITS, Surabaya, Bab 2, 2004
- [3] Wahyudi, *"Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik"*, Teknik Elektro ITS, Surabaya, Bab 2, 2004
- [4] Wahyudi, *"Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik"*, Teknik Elektro ITS, Surabaya, Bab 2, 2004
- [5] Lazar, Irwin, *"Electrical System Analysis and Design for Industrial Plant"*, McGraw-Hill Inc., USA, Ch. 1, 1980
- [6] Soeprijanto, Adi, *"Kestabilan Sistem Tenaga Listrik, Diktat Kuliah Analisis Sistem Tenaga Listrik 2"*, Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- [7] Panangsang, Ontoseno, *"Short Circuit Simulation And Analysis, Diktat Mata Kuliah Analisa Sistem Tenaga 2"*, Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Sepuluh Nopember Surabaya
- [8] Grainger J.J, Stevenson William, *"Power System Analysis"*, McGraw-Hill Inc., New York, Ch. 12, 1994
- [9] IEEE std 242-2001, *"IEEE Recommended Practice for Protection and Cordination of Industrial and Commercial Power System"* The institute of Electrical and Electronic Engineering, Inc, New York, Ch 15, 2001.
- [10] Phadke, Arun G, dan Thorp, James S, *"Computer relaying for Power System"*, John Wiley and Sons, Ltd., England, Ch. 2, 2009
- [11] ACEEE, *"Distributed Generation"*, <  
<http://www.aceee.org/topics/distributed-generation>>, 28 September 2014.
- [12] L. L. Lai and T. F. Chan, *"Distributed Generation Induction And Permanent Magnet Generators"*, John Wiley & Sons, Ltd., England, Ch. 1, 2007
- [13] H. H. Zeineldin, Y. Abdel-Rady I, Mohamed, *"A Protection Coordination Index For Evaluating Distributed Generation Impacts on Protection For Meshed Distributed System"*, IEEE Trans. Smart Grid, Vol. 4, No. 3, pp. 1523-1532, Sept. 2013

# One-Line Diagram - OLV1 (Edit Mode)





## One-Line Diagram - OLV1 (Edit Mode)



## RIWAYAT HIDUP PENULIS



Rahmat Bagus Yusuf Bahtiar, terlahir di Gresik pada tanggal 20 Oktober 1991 adalah putra kedua dari dua bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh adalah:

1. SD – NU 1 pada tahun 1999 – 2004,
2. SMPN 3 Gresik pada tahun 2004 – 2007,
3. SMAN 1 Gresik pada tahun 2007 – 2010,
4. Jurusan D3 Elektro Industri, Politeknik Negeri Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2010 -2013.

dan melanjutkan studi sarjana melalui program lintas jalur di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Jurusan Teknik Elektro (FTI-ITS) Tahun 2013 dan mengambil bidang studi Teknik Sistem Tenaga. Penulis dapat dihubungi di email : Yusufbahtiar201091@gmail.com